# IL MUSEO

## DELLE SCIENZE E DELLE ARTI

# IL MUSEO

## DELLE SCIENZE E DELLE ARTI

DEL


DOTTOR DIONIGI LARDNER

PROFESSORE EMERITO DI FISICA E ASTRONOMIA AL COLLEGIO DELL' UNIVERSITA' DI LONDRA,
DOTTOR IN LEGGE DELLE UNIVERSITA' DI CAMBRIDGE E DI DUBLINO,
MEMBRO DELLE SOCIETA' REALI DI LONDRA E DI EDIMBURGO, ECC., ECC.


PRIMA TRADUZIONE ITALIANA DALL' ORIGINALE INGLESE

CON NOTE ED AGGIUNTE

OPERA ILLUSTRATA DA CIRCA 1200 INCISIONI

VOLUME I.

## LA TERRA


MILANO
DOTTOR FRANC. VALLARDI, TIPOGRAFO-EDITORE
CON STABILIMENTO GEOGRAFICO
Contr. S. Margherita, N. 5.

1860.

# LA TERRA

SOTTO L' ASPETTO

## GEOGRAFICO, GEOLOGICO E FISICO

# LA TERRA

SOTTO L'ASPETTO

# GEOGRAFICO, GEOLOGICO E FISICO

OPERA

DEL

DOTTOR DIONIGI LARDNER

PROFESSORE EMERITO DI FISICA E ASTRONOMIA AL COLLEGIO DELL'UNIVERSITA' DI LONDRA,
DOTTOR IN LEGGE DELLE UNIVERSITA' DI CAMBRIDGE E DI DUBLINO,
MEMBRO DELLE SOCIETA' REALI DI LONDRA E DI EDIMBURGO, ECC., ECC.

**PRIMA TRADUZIONE ITALIANA**

DEI SIGNORI

D.r G. OMBONI, D.r G. FERRARI e D.r R. FERRINI

**VOLUME UNICO, ILLUSTRATO.**

MILANO
TIPOGRAFIA DEL DOTTOR FRANCESCO VALLARDI
CONTRADA DI S. MARGHERITA, N. 5.
1860.

# SOMMARIO DELL'OPERA

## LATITUDINI E LONGITUDINI.



## LA TERRA

### CONSIDERATA COME PIANETA.

## PRIME NOZIONI DI GEOGRAFIA.

## LA CROSTA DELLA TERRA
## OSSIA PRIME NOZIONI DI GEOLOGIA.

## LA TERRA PREADAMITICA.

## CALORE TERRESTRE.

## I TERREMOTI E I VULCANI.

## L'ATMOSFERA.



## TUONO, FULMINE ED AURORA BOREALE.

## FLUSSO E RIFLUSSO DEL MARE.



## INFLUENZA DELLA LUNA.



## INFLUENZE DELLE COMETE.

## PRONOSTICI DEL TEMPO.

# LATITUDINI E LONGITUDINI

Veduta dell'Osservatorio di Greenwich; colla palla per segnale alla sommità dell'edificio.

**I. È necessario conoscere la posizione che occupiamo sul globo. — II. I poli e l'equatore. — III. Paralleli di latitudine. — IV. Meridiano di *Greenwich*. — V. La latitudine, e la longitudine. — VI. Metodi per determinare la latitudine. — VII. Per mezzo del sole. — VIII. Mediante le stelle. — IX. Sestante di Hadley. — X. Latitudine in mare. — XI. Come si determini la longitudine. — XII. Metodo lunare. — XIII. La palla di *Greenwich*.**

I.

Per potere acquistare un' idea esatta della posizione e delle distanze dei corpi nell' universo al di là della superficie terrestre, è primieramente indispensabile determinare la nostra posizione relativamente ai corpi che osserviamo. Ma poichè questa situazione è soggetta ad incessante cangiamento, sia per la rotazione diurna della terra intorno

il proprio asse, sia pel movimento annuo della terra nella sua orbita intorno al sole, è necessario — ed è cosa indispensabile a premettersi — analizzare accuratamente tutte le circostanze di questo movimento. Ma per poter giungere a questo bisogna determinare la posizione che occupiamo sulla superficie del globo.

Ciò non è così facile come a primo aspetto potrebbe sembrare. La terra che noi abitiamo è un globo il quale, paragonato ai tipi di misura a noi famigliari, è d' una grandezza prodigiosa. Lo spazio dominato dalla vista, in qualche situazione sulla superficie della terra è estremamente piccolo. La vista la più estesa, la più libera, quella che si gode, per es., sul mare allorchè siamo discosti dal lido, e in un bel giorno, non eccede un raggio di qualche miglio. La porzioncina di superficie terrestre, che dominiamo nel medesimo tempo e tutta di un tratto, forma in realtà una così piccola porzione del globo terrestre, che è solamente in forza di un ragionamento indiretto che si può riconoscervi tutt' altro carattere che quello di superficie piana. Come adunque possiamo sapere in qual parte del globo terrestre è situata una sì piccola porzione di superficie?

## II.

Per risolvere questa quistione, è evidentemente necessario, innanzi tutto, stabilire alcuni punti o linee fisse, a cui possiamo riferire diversi luoghi, e a mezzo de' quali si possa indicare le loro posizioni.

I punti che furono scelti a tale scopo sono i *poli* e l' *equatore*. I poli sono que' punti della superficie terrestre ove finisce l' asse sul quale la terra compie la sua rotazione quotidiana; vengono distinti fra loro, come è ben noto, coi nomi di poli *nord* o *artico*, e *sud* o *antartico*.

Se noi immaginiamo una linea circolare, condotta in giro al globo, in modo da dividerlo in due emisferi (nel centro dell' uno di questi emisferi avremo il polo nord, e nell' altro il polo sud), si otterrà così il circolo che dicesi *equatore*, poichè divide il globo in due parti eguali. Ogni punto di questo circolo sarà alla medesima distanza dai poli, e se noi immaginiamo il globo tagliato da un piano passante pei poli, questo piano formerà col circolo angoli retti, e la sezione di questo piano col globo dicesi *meridiano terrestre*. L' arco di questo meridiano tra un polo e l'equatore è la quarta parte dell' intiera circonferenza, e quindi di 90 gradi: l' equatore adunque si trova in ogni suo punto a 90 gradi dall' uno e dall' altro polo.

Nella figura 1., N rappresenta il polo nord, ed S il polo sud; EQ rappresenta l'equatore.

I due emisferi della terra si chiamano emisferi *settentrionale* e *meridionale*. La posizione di un luogo in uno di questi emisferi relativamente all' equatore si esprime enunciando il numero dei gradi, del meridiano terrestre passante per il luogo, compresi fra il luogo suddetto e l'equatore. Questo numero di gradi è detto *latitudine* del luogo.

Fig. 1.

Così un luogo che si trova esattamente ad egual distanza da un polo e dall'equatore ha una latitudine di 45 gradi.

Se è discosto dall' equatore di due terzi della distanza totale dell'equatore da un polo, la sua latitudine sarà di 60 gradi, e così di seguito.

## III.

Dicesi che la latitudine è settentrionale o meridionale, secondo che il luogo trovasi nell' emisfero nord o nell' emisfero sud. Ma evidentemente, la latitudine sola sarà insufficiente a determinare la posizione di un luogo. Se diciamo che un luogo è a 45 gradi al nord dell'equatore, sarà impossibile determinare in maniera certa il luogo in quistione, poichè esiste sulla terra un circolo di punti tutti a 45 gradi al nord dell' equatore. Tracciando sull'emisfero nord un circolo parallelo all' equatore alla distanza di 45 gradi da questo, ogni punto di questo circolo avrà la latitudine di 45 gradi nord.

Tali circoli ricevettero il nome di *paralleli di latitudine*, ed è evidente che tutti i luoghi posti sopra un medesimo parallelo hanno una medesima latitudine. Nella figura 1. ENQ rappresenta l'emisfero settentrionale ed ESQ l'emisfero sud. I circoli LL sono paralleli di latitudine settentrionale, e i circoli *ll* rappresentano paralleli di latitudine meridionale. Tutti i luoghi situati sopra uno qualunque di questi circoli hanno una medesima latitudine. Le distanze di N ed S da EQ essendo di 90 gradi, questa cifra rappresenta la latitudine dei poli. I circoli N*m*S ed N*n*S condotti sulla terra da un polo all'altro, tagliano l'equatore EQ e tutti i paralleli LL *ll*, ad angoli retti. Questi circoli sono meridiani terrestri. La latitudine sola non può adunque permettere di determinare la posizione d'un luogo qualunque. Che è necessario per poterla esprimere?

IV.

Supponiamo che si scelga arbitrariamente un meridiano passante da qualche luogo particolare, come sarebbe l'Osservatorio di Greenwich. Si può immaginare un altro meridiano condotto sulla terra all'est o all'ovest di quello, di maniera che i due meridiani abbraccieranno un arco dell'equatore, il quale arco sarà composto di un numero definito di gradi. Supponiamo che abbia 20 gradi, e verrà allora definito dicendo ch'esso è 20 gradi all'est o all'ovest del meridiano di Greenwich.

Così si stabilisce la posizione del meridiano sul quale si trova il luogo relativamente al meridiano, arbitrariamente scelto, di Greenwich. Questa posizione relativa dei due meridiani dicesi la *longitudine del luogo*. E siccome il meridiano dal quale si incomincia a misurare la longitudine è affatto arbitrario (giacchè non v'ha alcuna ragione geografica o fisica per scegliere un meridiano a preferenza d'un altro) così ogni nazione ha naturalmente scelto per zero di longitudine il meridiano di qualche luogo notevole situato sul proprio territorio. Così, in Francia presero per zero di longitudine il meridiano di Parigi. In Inghilterra, l'Osservatorio reale di Greenwich, e di seguito in tutti i lavori inglesi sulla geografia politica e fisica, le longitudini sono sempre espresse relativamente al meridiano di Greenwich.

Bene afferrate queste spiegazioni, saremo a portata di esprimere distintamente e definitivamente la posizione di un luogo alla superficie del globo terrestre.

Data la sua latitudine e la sua longitudine, si può stabilire senza equivoci la posizione d'un luogo. Così supponiamo che la sua lati-

tudine sia di 50 gradi nord e la sua longitudine 30 gradi est di Greenwich, si troverà la posizione del luogo domandato, immaginando un circolo parallelo all' equatore, descritto sull'emisfero nord a una distanza di 50 gradi dall' equatore, indi supponendo un meridiano condotto da Greenwich intersecante questo parallelo, e un altro meridiano condotto in modo d'incrocicchiare l'equatore in un punto posto a 30 gradi est dal primo di questi due meridiani. Il luogo che noi cerchiamo sarà sulla linea parallela all' equatore se questa linea è a 50 gradi nord dell'equatore e sarà sul meridiano condotto in seguito, se questo meridiano è a 30 gradi est da Greenwich. Ora poichè il luogo cercato dev'essere nel tempo stesso su l'una e sull' altra delle due linee condotte, lo troveremo nel punto del loro incontro all' est del meridiano di Greenwich.

## V.

Così noi siamo riusciti a stabilire dei regolatori di posizione, e una nomenclatura che ci permette di esprimere la posizione esatta d'un luogo sulla superficie del globo. Ma v' ha una quistione molto più importante ancora e più difficile a sciogliere. Come scoprire in quale parte del globo sia un luogo che noi possiamo occupare in un certo dato tempo? O per meglio dire, come conoscere la sua latitudine e la sua longitudine? Queste domande, l' ultima soprattutto presentano qualche difficoltà; furono tuttavia sciolte con differenti metodi, applicabili ai diversi casi, secondo le circostanze in cui si cerca la posizione del luogo e lo scopo per il quale si deve determinare questa posizione.

Sulla terra ferma, ogni luogo la cui posizione fu determinata, si può indicare in modo che per conoscere questa posizione in appresso sia inutile di ricorrere di nuovo al metodo usato per determinarla: ma in mare è altra cosa. Sulla superficie mobile dell'abisso, ogni traccia d'operazione si ristringe e sparisce immediatamente; nuove ricerche sono necessarie, se si vuole determinare la posizione d'un luogo qualunque. Epperò il marinajo deve possedere non solamente mezzi per determinare la posizione del suo vascello ad ogni momento, ma altri mezzi applicabili in circostanze particolari, in cui si trovasse.

I suoi istrumenti devono essere non solo portatili, ma di più maneggiabili ad onta delle perturbazioni e delle vicissitudini del mare. Gli attrezzi delle sue osservazioni devono sempre essere sotto i suoi occhi.

Dunque evidentemente il problema apparisce, quando si tratti del mare, in circostanze e in condizioni del tutto diverse da quelle in cui si presenta trattandosi della terra ferma. Ma anche sulla terra ferma

il problema si presenta con circostanze e condizioni diverse. Nelle specole apposite, ove l'osservatore adopra istrumenti di grande dimensione, di perfetta esattezza, di stabilità assoluta, si è, con processi esattissimi, determinata la posizione dei punti, ove questi osservatorj sono eretti, e questa posizione è determinata con la massima precisione.

I punti, di cui si tratta, sono in conseguenza il segno col quale può essere determinata la posizione di luoghi circonvicini.

Le circostanze in cui il viaggiatore scientifico, ed il geografo fanno le loro osservazioni, allo scopo di determinare i punti d'un paese, permettono meno la precisione di quelle in cui trovasi l'astronomo; esse sono nullameno più favorevoli di quelle di cui può disporre il marinajo. È doveroso per coloro che consacrano la vita al progresso delle scienze di procurare agli osservatori tutti gli istrumenti, ed i metodi d'investigazione, che secondo il caso, danno risultati certi e precisi.

## VI.

In qual modo trovasi la latitudine? Supponiamo che il globo terrestre sia rappresentato, nella fig. 2, da *o*; N è il suo polo nord, ed E il suo equatore. Sia P un luogo situato sul globo, e del quale si debba determinare la latitudine, questa è la distanza a cui trovasi relativamente all'equatore. Le lettere *nZe* rappresentano il firmamento che circonda il globo a distanza indefinita. Il punto *n*, immediatamente al di sopra del polo nord e che è in realtà il prolungamento della linea *o*N, sarà il posto del polo nord nel cielo nella cui immediata vicinanza è una stella, denominata stella polare. Il punto *e* sul prolungamento della linea *o*E, sarà la regione posta direttamente al disopra dell'equatore, e rappresentarà l'equatore nel cielo; il punto Z, sul prolungamento della linea *o*P, punto del cielo direttamente al di sopra dell'osservatore che si trova nel luogo P, è il luogo che nominasi zenith. Questo punto è quello verso il quale tende la direzione di un filo a piombo.

Presentemente i punti *n*, Z ed *e* sono i punti del firmamento che corrispondono ai punti N, P ed E sulla terra, ed è evidente che per quanti sieno gli archi del meridiano NPE compresi fra questi punti, simili archi del meridiano celeste devono essere posti fra i punti *nZe*. Se dunque PE ha 40 gradi, Z*e* deve ugualmente averne 40; come pure, se *ne* ha 90 gradi, NE del pari ha 90 gradi. In una parola lo zenith di un luogo qualunque del cielo è il punto del firmamento che corrisponde alla posizione del luogo sul globo, e la distanza dallo zenith celeste d'un luogo allo zenith d'un altro luogo deve neces-

sariamente essere la stessa in gradi della distanza fra i due luoghi sulla terra. Così Z è lo zenith di P, *e* è lo zenith di E. Il numero dei gradi che separa Z da *e*, è pure quello che divide P da E. Ciò compreso, è evidente, che se possiamo determinare la distanza di Z da *n*, ne potremo dedurre la distanza di P da E, e quindi la latitudine cercata. Se dunque si può conoscere la distanza dello zenith di un luogo dal polo celeste ( distanza che darà quella del luogo stesso dal polo terrestre ) sottraendo questo numero da 90 gradi, si otterrà la distanza del luogo dall'equatore, ossia, la sua latitudine. Supponiamo, per esempio, che misurando la distanza da Z ad *n* si trovi ch' essa è di 50 gradi, si potrà conchiudere, che essendo la distanza dello zenith dal polo di 50 gradi, la distanza del luogo dal polo terrestre è pure di 50 gradi. Ma siccome il polo terrestre è lontano 90 gradi dall'equatore, così ne risulta che la distanza del luogo dall'equatore deve essere 40 gradi, nord o sud, secondo che lo zenith del luogo si trova nell' emisfero nord, o nell'emisfero sud del cielo. Così dunque appare che sempre si può trovare la latitudine d' un luogo, purchè si possa misurare la distanza del suo zenith dal polo celeste; e

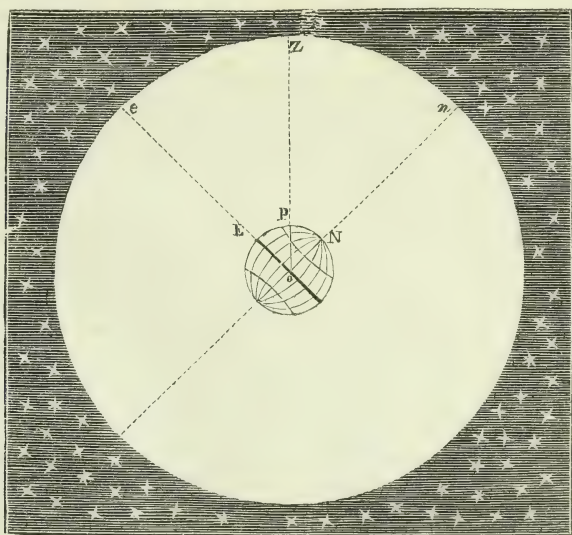



Fig. 2.

sempre si può riuscirvi, se si hanno istrumenti adatti, e se si vedono distintamente sì lo zenith che il polo. La direzione dello zenith può sempre determinarsi mediante il filo a piombo, ma quantunque la

stella polare sia vicinissima al polo, essa non è tuttavia esattamente al polo stesso; in realtà non havvi stella al polo, e poichè non vi è là verun oggetto visibile, così non è possibile di misurare direttamente la sua distanza dallo zenith. Si supera la difficoltà, misurando la distanza dello zenith da una stella; o da altro oggetto celeste, la cui distanza dal polo è conosciuta; supponiamo, per esempio, che una stella fra lo zenith e il polo sia distante da questo 10 gradi. Allora, se si prova che la distanza dello zenith da questa stella è 40 gradi, si potrà conchiudere che la distanza dello zenith dal polo è di 50 gradi.— Così si può sempre determinare la latitudine. Mediante le osservazioni degli astronomi, si conosce e sta registrata la posizione della maggior parte delle stelle, e di molti oggetti celesti relativamente ai poli, e quando si vuole determinare la latitudine d'un luogo, si misura la distanza dello zenith di questo luogo da qualche oggetto celeste, la posizione del quale è conosciuta relativamente al polo, e se ne deduce la posizione del luogo in relazione al polo terrestre, cioè la latitudine.

## VII.

Ma arriveremmo al medesimo risultato se conoscessimo la posizione d'un oggetto celeste qualunque relativamente all'equatore. Così conoscendo la distanza del centro del sole dall'equatore celeste, si potrà facilmente trovare la latitudine; poichè basterà, quando il sole sarà al meridiano, o vicinissimo al meridiano, cioè a mezzodì o presso a poco, misurare la distanza dello zenith del luogo dal centro del sole. Ciò che si otterrà misurando la distanza dello zenith, dapprima dal lembo superiore, poi dal lembo inferiore del sole. La distanza dal centro solare sarà la media fra queste.

Supponendo, per esempio, che (essendo il sole tra lo zenith e l'equatore), si trovi essere la distanza tra lo zenith ed il centro del sole di 20 gradi, e giusta la tavola della posizione del sole, la distanza del centro di quest' astro dall' equatore parimenti di 20 gradi; ne dedurremo tosto che la distanza dello zenith dall'equatore dev' essere di 40, e quindi tale deve essere la latitudine del luogo.

Tale processo per riconoscere la latitudine è forse il più facile, il più praticabile. Si possono fare le osservazioni giornalmente, a mezzogiorno, quando il sole è visibile, ed in ogni almanacco è registrata la distanza del centro del sole dall'equatore (ciò che si chiama la declinazione del sole).

Sulla terra ferma, l'istromento col quale si fanno le osservazioni è d'ordinario un ottante munito d'un telescopio che si muove sopra il suo centro. Un raggio dell' ottante è collocato nella direzione del filo a piombo, e per conseguenza si volge verso lo zenith. Il telescopio

si muove intorno al centro fino a tanto che è nella direzione dell'oggetto di cui si vuole conoscere la distanza dallo zenith. L'angolo fra il telescopio e il raggio verticale dell'ottante sarà dunque eguale alla distanza dell'oggetto dallo zenith.

## VIII.

Nelle osservazioni astronomiche si usarono metodi d'osservazione suscettibili d'una precisione molto più grande. Si ricorse con vantaggio alle stelle nel meridiano. Le distanze di queste stelle dal polo sono molto conosciute, e l'astronomo sceglie, nelle sue osservazioni, queste stelle particolari che passano quasi al suo zenith. Egli osserva l'arco del meridiano celeste fra il suo zenith e le stelle di cui parliamo e per mezzo della grandezza dell'arco e la distanza della stella dal polo celeste, egli scopre la distanza dello zenith dal polo, cioè la latitudine.

Questo processo è molto preciso, giacchè la distanza fra lo zenith e la stella è debolissima, e si può misurare più esattamente per dei motivi che hanno relazione colla struttura dell'istrumento astronomico, che se si trattasse d'angoli più grandi.

## IX.

Sul mare non si può usare del filo a piombo, e nemmeno il geografo può servirsene sempre. Un istrumento mirabile fu inventato, esso si usa ugualmente nelle osservazioni tanto sulla terra che sul mare; ed è il sestante di Hadley. Mediante questo istrumento non si ricorre allo zenith, oppure, al filo a piombo; le osservazioni si fanno relativamente all'orizzonte.

Non è nel nostro piano di tracciare qui la descrizione dei principj e della natura dell'utile e celebre istrumento, di cui si tratta. Basterà dire che si può applicarlo alla misura delle distanze angolari, che separano due oggetti visibili colla maggiore precisione, colla maggiore facilità anche se la posizione dell'osservatore è soggetta a tutta l'instabilità inerente alla condizione del marinajo.

Quando si adopera il sestante di Hadley, invece di osservare la distanza d'un oggetto visibile dallo zenith, si osserva la sua distanza dall'orizzonte; ciò che torna lo stesso, poichè ogni volta che la distanza d'un oggetto dall'orizzonte è conosciuta, può essere trovata la sua distanza dallo zenith. In fatti la distanza dello zenith dall'orizzonte è 90 gradi; se vi si sottrae la distanza dell'oggetto dall'orizzonte, il

rimanente rappresenterà la distanza dell'oggetto dallo zenith. Noi abbiamo generalmente in mare, o a dire il vero quasi sempre, un orizzonte bene definito. Se il marinajo vuol misurare l'altezza di un'oggetto, egli ha solamente da misurare la distanza dell' oggetto dall'orizzonte (in una direzione perpendicolare ad esso) e questo egli può fare con ammirabile facilità e precisione servendosi del sestante di Hadley.

## X.

Vediamo in quale modo il marinajo può determinare ogni giorno la latitudine del suo vascello. Verso mezzo dì, e quando il cielo è limpido e lascia vedere il disco del sole, egli applica l'istrumento e trova l'altezza del lembo inferiore, che osserva fino a tanto che questo lembo cessa di crescere. Vi aggiunge allora il mezzo diametro apparente del sole, che è somministrato da tavole, e ottiene così l'altezza del centro del sole. Sottraendo da questa altezza 90 gradi, il residuo rappresenta la distanza del centro del sole dallo zenith. Nel suo almanacco nautico trova, per quel giorno, la distanza del centro del sole dall'equatore, e nel medesimo tempo, come venne spiegato, ottiene la distanza del suo zenith dall'equatore: ecco la latitudine del suo vascello.

Praticamente si tiene nota di alcune altre circostanze. Ma questo è il sunto generale del problema.

Si vede adunque, che, sia in mare, sia sulla terra, nell'osservatorio dell' astronomo, come nelle arene del deserto, ovvero nelle foreste d'America, o sulla superficie mobile dell'oceano, la scienza dà all'uomo mezzi pratici, che gli permettono di conoscere la distanza del luogo ove egli si trova, sia al nord, sia al sud, sul globo terrestre.

## XI.

Come si determina la longitudine? Nell' esprimere e determinare la latitudine d'un luogo, si fissarono nel firmamento dei punti e delle linee a cui potersi riferire, come sono i poli e l' equatore celeste; per trovare la latitudine, basta determinare la posizione dello zenith del luogo relativamente a questi punti e a queste linee. Ma quando trattasi della longitudine, la cosa cambia aspetto; è pure impossibile di esprimere la longitudine senza riferirsi a due luoghi almeno, cioè quello di cui vuolsi determinare la longitudine, e quello che fu scelto come il punto di partenza da cui devono essere misurate tutte le lon-

gitudini. Se si potesse osservare nel firmamento i due punti che formano ad un tempo lo zenith dei due luoghi, si troverebbe allora la differenza delle loro longitudini, facendo attenzione ai momenti in cui questi due punti traversano il meridiano del luogo di cui cercasi la longitudine.

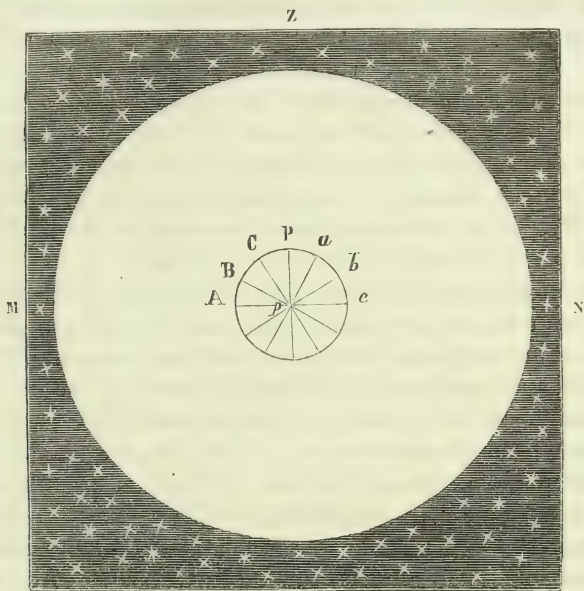



Fig. 3.

Per bene comprendere il gran problema della determinazione delle longitudini, bisogna figurarsi il globo terrestre col suo moto di rotazione intorno al suo asse, circondato dal cielo e dalle sue stelle. Supponiamo che, nella fig. 3, la linea ABC, *abc*, sia il parallelo di latitudine del luogo P di cui cercasi la longitudine; che *p* sia il polo e che MZN rappresentino il firmamento. Lo zenith è il punto del firmamento indicato da Z. Se si suppone che il globo giri intorno al proprio asse nella direzione di ABC, *abc*, il luogo P sarà, in conseguenza della rotazione, portato alla destra di Z, e questo punto Z diverrà successivamente lo zenith dei punti CB ed A; in realtà ciascun punto posto sul parallelo di latitudine ABC, *abc*, si presenterà alla sua volta sotto il punto Z che, per conseguenza, sarà successivamente lo zenith di ciascuno di questi punti. In 24 ore, o più esattamente in 23 ore e 56 minuti, il globo compie la sua rotazione; per conseguenza in questo lasso di tempo i 360 gradi di parallelo passeranno successivamente sotto il medesimo punto del cielo. Se si conosce esattamente la du-

rata della rotazione della terra, e si provi che il suo movimento diurno è uniforme, si può determinare, con una semplice operazione aritmetica, quale estensione della sua superficie passerà, in un certo dato tempo, sotto il medesimo punto del cielo. Così se vogliamo dire in numero tondo che la circonferenza totale del globo corrisponde a 24 ore, ne seguirà che 15 gradi passeranno ogni ora sotto il punto Z, o la quarta parte d'un grado per minuto. Se supponiamo che Z rappresenti il posto del sole, in questo caso pel luogo il quale trovasi immediatamente al disotto di Z cioè in P sarà mezzodì, ossia dodici ore. Se C si trova a 15 gradi all'ovest di P, in questo caso C giungerà sotto Z un'ora dopo P; per conseguenza, allorchè sarà mezzogiorno al punto P, saranno le undici nel luogo lontano 15 gradi all'ovest di P; per la medesima ragione saranno le dieci pel luogo situato a 30 gradi all'ovest di P, e così di seguito.

Nella medesima maniera se *a* è un luogo posto a 15 gradi all'est di P, *a* si sarà trovato sotto Z un'ora prima di P. Nel punto *a* avremo mezzogiorno un'ora prima che sia mezzogiorno nel punto P: per conseguenza, allorchè pel punto P sarà mezzogiorno, pel punto *a* avremo un'ora. Similmente, se *b* indica un luogo posto a 30 gradi all'est di P, *b* passerà sotto Z due ore prima di P; quindi, allorchè P passa sotto Z, nel punto *b* saranno due ore. Che risulta da tutto ciò? Risulta che in generale l'ora del giorno pei differenti luoghi della terra, nel medesimo tempo, dipenderà dalla loro posizione relativamente all'est od all'ovest l'uno dell'altro. Se un luogo trovasi all'est di un altro, l'ora del primo precederà, relativamente al mezzo giorno, l'ora del secondo, e la differenza dipenderà dalla distanza loro. Per calcolare questa differenza di tempo secondo la differenza di posizione est od ovest, potremo, come già si disse, prendere 15 gradi per equivalente di un'ora. Ma questa distanza di un luogo all'est od all'ovest di un altro, espressa in gradi, rappresenta in realtà la differenza delle loro longitudini; e se uno dei due luoghi in quistione è quello da cui si misurano le longitudini, la determinazione della longitudine di un luogo si risolverà facilmente, se conosceremo qual'è l'ora del giorno nel luogo del quale si cerca la longitudine, e nel luogo da cui le longitudini sono misurate.

Supponiamo, per esempio, di aver mezzo di scoprire l'ora del giorno a Nuova-York ed a Greenwich nel medesimo tempo: a Nuova-York sono le 2 dopo mezzodì; a Greenwich sono le 6 ore e 56 minuti. Sappiamo adunque che quell'ora che testè scoccò a Greenwich, scoccherà a Nuova-York 4 ore e 56 minuti dopo; e ne deduciamo che Nuova-York dev'essere all'ovest di Greenwich, e la sua longitudine corrispondere a 4 ore e 56 minuti. E poichè 4 ore corrispondono a 60

gradi, e 56 minuti a 14 gradi, ne risulta che la longitudine di Nuova-York deve essere 74 gradi ovest di Greenwich. Si può dunque conoscere sempre la longitudine d'un luogo qualunque, sempre che però si possa determinare, in tale o tal altro momento, l'ora del giorno in questo luogo, e nello stesso tempo sapere quale è l'ora del giorno nel luogo da cui è misurata la longitudine.

Questi sono i processi — eccettuati alcuni dettagli che non entrano nel nostro piano, — mediante i quali si può determinare l'ora del giorno nel luogo ove ci troviamo, con maggiore o minore precisione, secondo le circostanze della posizione.

Se siamo sulla terra ferma muniti d'un cannocchiale meridiano adatto si può coll' ajuto di questo istrumento osservare il momento in cui il centro del disco solare tocca il meridiano. Così osservando l'istante del mezzodì si può registrare un buon orologio che ci indicherà ogni altra ora del giorno. Ma anche quando non si ha orologio si può sapere l'ora del giorno ad ogni istante ove il sole è visibile, osservando la sua altezza, e dopo avere prima determinata la latitudine del luogo ove ci troviamo. — Se si è in mare, (ove non si ha a disposizione il cannocchiale meridiano, e ove, se anche ne possedessimo uno, non si potrebbe usarne) si determina dapprima la latitudine del luogo ove si trova il vascello, indi si trova l'ora osservando l'altezza del sole in un momento propizio, sia prima, sia dopo mezzodì. Trovata una volta l'ora, il tempo può in seguito essere indicato con un cronometro per un numero d'ore qualunque. Così si vede che, in tutte le circostanze, sia in mare, sia sulla terra, la determinazione dell'ora del luogo ove siamo non presenta veruna difficoltà pratica. Il problema della longitudine è ridotto alla scoperta dell'ora del giorno, in certo dato istante, nel luogo dove si incomincia a contare le longitudini.

Il processo più semplice, quello che si offrirebbe dapprima alla mente, per risolvere la quistione, consisterebbe nell'avere con sè un buon cronometro regolato sul luogo da cui si conta la longitudine. Supponendo questo cronometro infallibile, non cesserebbe di indicare l'ora di questo luogo. Così, supponiamo che i marinai, partendo da Londra, abbiano con sè un cronometro registrato sul tempo di Greenwich, e lo portino a Nuova-York; il cronometro li terrà sempre informati, ora per ora, del tempo di Greenwich. Vedranno che a Nuova-York, quando il cronometro indica 12 ore, cioè mezzodì, sarà ancora mattino; poichè, se determinano esattamente l'ora, troveranno essere 7 ore e 40 minuti. Riconosceranno perciò, che il tempo a Nuova-York è di 4 ore 56 minuti in ritardo sopra Greenwich, e quindi che Nuova-York deve essere a 74 gradi ovest di Greenwich.

Per questi motivi la perfezione dei cronometri è sempre stata considerata essenziale al progresso della navigazione. Ogni vascello che intraprende un lungo viaggio deve possedere almeno uno di questi istrumenti, ma siccome sono soggetti ad alcuni accidenti ed anche i migliori non sono perfetti, così spesso un vascello possiede molti cronometri.

Ancorchè la perizia de' moderni artefici abbia portati ad alto grado di perfezione gli istrumenti destinati a misurare il tempo, sono ancora e saranno probabilmente sempre troppo imperfetti perchè noi possiamo affidarci appieno ed esclusivamente alle loro indicazioni. Se non si esigesse da essi che un servigio di alcuni giorni, o anche di alcune settimane, si potrebbe essere sicuri del loro buon risultato, molto più se ne avessimo con noi diversi. Ma nei viaggi di alcuni mesi questo è impossibile, anche se ne avessimo molti e buonissimi a nostra disposizione.

Ma come si potrà allora, senza cronometri, determinare la longitudine d'un luogo? Ognuno senza dubbio si farà questa domanda. Il processo che s'offre dapprima consisterebbe in un segno perfettamente visibile, da potersi osservare nello stesso tempo dai due luoghi dei quali si cerca la differenza di longitudine. Sarebbero necessarii, egli è vero, due osservatori; ma questo è certamente il processo più sicuro e di una precisione perfetta.

Supponiamo che sopra un' altezza, fra due luoghi lontani, cioè Londra e Birmingham, si faccia una luce molto visibile, come la luce elettrica, che possa essere vista ad un tempo dai due luoghi. Che si spegni improvvisamente questa luce e che gli osservatori stazionati a Londra e a Birmingham notino il momento preciso in cui videro sparire la luce. Allora, confrontando in seguito i tempi che avranno, sarà trovata esattamente la differenza di longitudine de' due luoghi.

## XII.

Ma evidentemente questo metodo non si potrebbe applicare sopra una gran scala. Essa esige circostanze particolari. Il marinajo non può farne uso. L'astronomo lo ajuta; gli porge un cronometro d'una precisione completa, un cronometro infallibile, un cronometro che resiste agli accidenti del mare, che non viene alterato dall'ondulazione del vascello, e che in ogni tempo e in ogni luogo si vede sulle regioni incognite dell'oceano. Questo cronometro fu inventato e fatto da un artefice che non può errare, e che ad ogni suo lavoro dà l'impronta della perfezione. Il firmamento stesso fornisce questo cronometro.

Gli astronomi moderni, infaticabili ne'loro lavori, hanno convertita la faccia del cielo in un orologio, e hanno insegnato al marinajo a leggere le sue indicazioni complicate, ma infallibili. Si può considerare il firmamento come il quadrante d'un cronometro sopra un' immensa scala. Le costellazioni e le stelle fisse che vi si osserva, e che dopo un sì gran numero di secoli non subirono verun cambiamento nella loro posizione, indicano l'ora ed il minuto. Il sole, la luna ed i pianeti che si muovono incessantemente alla superfice di questo magnifico mecanismo, adempiono la funzione di aghi d'orologio. Le posizioni di questi corpi, di giorno in giorno, di ora in ora, per qualsiasi cambiamento succeda nelle loro posizioni, sono perfettamente conosciute e scrupolosamente registrate in un libro pubblicato due o tre anni prima, le *Nautical Almanaq* ( in Francia , *Connaissance des temps*) libro destinato all'uso de' marinaj. In questo lavoro viene indicato al navigatore quale è e quale sarà l'ora a Greenwich per ogni posizione che il sole, la luna ed i pianeti avranno nel cielo da un'epoca all'altra.

Di tutti i corpi celesti, il più opportuno per questo genere di osservazioni è la luna; ed è per questo che tal metodo per determinare la longitudine in mare ricevette il nome di *metodo lunare*. Col sestante di Hadley, del quale già parlammo, è facile osservare, quando il cielo è libero da nubi, la distanza angolare dal sole, dalle stelle e dai pianeti i più visibili. Il moto della luna nel cielo è così rapido che riesce percettibile il suo spostamento, eziandio osservata a bordo di un vascello, di ora in ora.

In qual maniera queste osservazioni danno la longitudine di un vascello? Ciò comprendesi facilmente. L'osservatore non deve conoscere che l'ora a Greenwich nell'istante dell'osservazione. Per saperlo procede in questo modo: osserva col sestante la distanza della luna dal sole, o da qualche astro visibilissimo; di poi, fatti alcuni calcoli preliminari nel dettaglio dei quali è inutile qui entrare, esamina il *Nautical Almanac* (ovvero la *Connaissance des temps*), che gli fornisce l'ora di Greenwich o di Parigi, quand' egli conosca queste distanze particolari dalla luna o dal sole, o da qualche altro astro. Ciò fatto e determinata l'ora del luogo ove si trova, conoscerà la differenza della longitudine del vascello e dell'osservatorio di Greenwich o di Parigi.

## XIII.

Allo scopo di procurare ai bastimenti che abbandonano il Tamigi per intraprendere dei lunghi viaggi, l'ora esatta di Greenwich, si

adottò il seguente mezzo. L'Osservatorio Reale si eleva sopra un'altura, ed è visibile perfettamente dalla riviera. Si decise che in ciascun giorno, ad un' ora precisa dopo mezzogiorno, si darà un segnale; osservando questo segnale, i navigatori ponno regolare i loro cronometri. Il segnale adottato consiste nel lasciar cadere tutto ad un tratto una grossa palla nera; essa è posta sopra un palo situato alla sommità di una delle due torri dell' Osservatorio. Prima di elevare la palla, a un'ora meno cinque minuti, si dà un segnale di avviso, portando la palla alla metà del palo. Gli osservatori tosto devono preparare i loro cronometri, e poichè la palla impiega alcuni secondi a discendere, la loro attenzione dev'essere rivolta a notare l'istante preciso nel quale la palla abbandona la cima, poichè è questo l'istante che indica l'ora. Questo segnale oltre indicare il tempo medio di Greenwich, ha un'altro scopo. Osservando la caduta della palla, di giorno in giorno, i marinaj che trovansi sul Tamigi ponno accertarsi dell'esattezza dei loro cronometri.

Prof. FAUSTO FERRARI.

# NOTE

1.° Intorno la storia dell'applicazione dell'astronomia alla navigazione, veggasi Alessandro Humboldt — *Cosmos*, tomo II, pag. 311 e seguenti, pag. 557 e seguenti.

2.° Meridiani. — Per la convenzione del 25 aprile 1634 il nostro primo meridiano fu stabilito all'estremità dell'isola del Ferro, la più occidentale fra le isole Canarie. « Ma, come dice Arago, questo uso si perdette poco a poco, e non solamente in Francia, ma dappertutto; ogni popolo prende adesso per punto di partenza il meridiano del suo osservatorio principale. » Ecco la posizione de' principali meridiani impiegati generalmente, e quella di alcuni assunti momentaneamente; tutte queste longitudini sono riferite al meridiano dell'Osservatorio di Parigi, cioè a 0°, 0', 0''.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Algeri . . . . . . | 0° 44' 10'' E. | Greenwich . . . . . | 2° 20' 24'' O. |
| Altona . . . . . . | 7° 36' 18'' E. | Madras (Indostan) . . . | 77° 56' 57'' E. |
| Benares (Indostan) . . | 80° 35' 28'' E. | Monaco . . . . . . | 9° 16' 18'' E. |
| Berlino . . . . . . . | 11° 3' 34'' E. | Milano . . . . . . | 6° 50' 56'' E. |
| Berna . . . . . . | 5° 6' 17'' E. | Palermo . . . . . . | 11° 1' 0'' E. |
| Brusselles . . . . . | 2° 1' 46'' E. | Pietroburgo . . . . . | 27° 59' 52'' E. |
| Cadice . . . . . | 8° 37' 37'' O. | Roma . . . . . | 10° 8' 28'' E. |
| Capo di Buona Speranza | 16° 8' 21'' E. | Sant'Elena . . . . . | 8° 3' 13'' O. |
| Caracas . . . . . . | 75° 9' 0'' O. | Vienna . . . . . . | 14° 2' 36'' E. |
| Copenaghen . . . . | 10° 14' 20'' E. | Washington (Stati-Uniti) | 79° 22' 24'' O. |
| Dorpat (Russia) . . . | 24° 23' 13'' E. | Wilna (Russia) . . . . | 22° 57' 36'' E. |

Il meridiano dell'isola del Ferro, del quale altre volte si faceva uso, è a 20° del meridiano di Parigi, o più esattamente secondo Lalande, 19° 55' 45'' (Veggasi Lalande, *Astronomia*, pag. 20, ed Arago, *Lezioni*, pag. 389 e seguenti).

3.° Il grado (il quale così scrivesi 1°) si divide in 60 minuti (60'); il minuto si divide in 60 secondi (60'')

Il grado equivale a 25 leghe da 4444 metri ossia a 111100 metri.

# LA TERRA

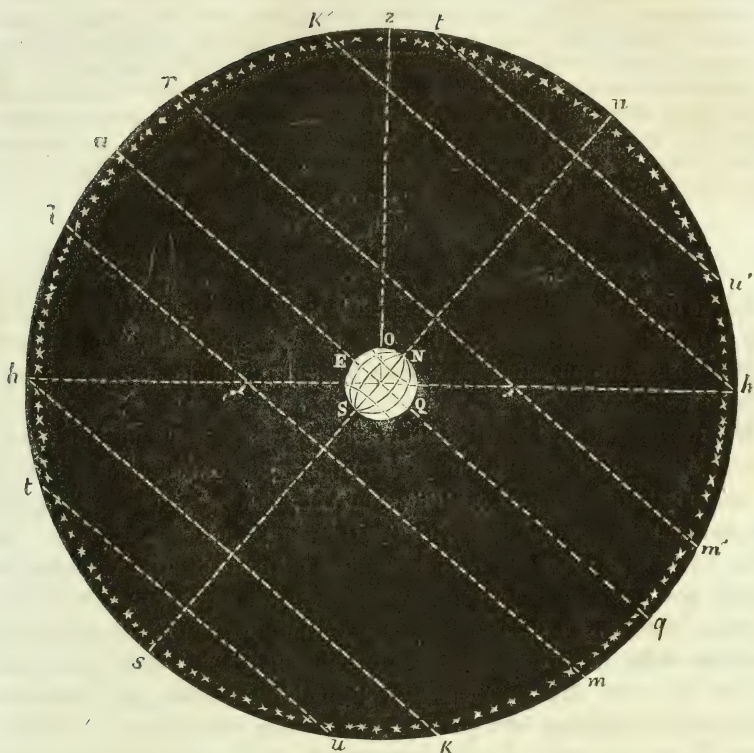



Fig. 2.

## CAPITOLO II.

I Difficoltà di osservare la terra nel suo complesso. — II. Essa appare da principio come un'immensa superficie piana. — III. Questo è smentito dal farne il giro. — IV. Prova della curvatura della sua superficie dall' osservazione di oggetti distanti in mare. — V. Dall' ombra della terra projettata sulla luna. Ineguaglianza della sua superficie. — VI. Come i monti e le valli sieno insignificanti. — VII. Grandezza della terra; come siasi constatata. — VIII. Lunghezza di un grado di latitudine. — IX. X. Illustrazioni della grandezza della terra. — XI. La terra è ferma? — XII. Moto apparente del firmamento. — XIII. Origine della parola Universo. — XIV. Questo moto apparente non può essere reale. Può nascere dalla rotazione della terra. — XV. Come una tale rotazione lo produrrebbe. — XVI. Poli. — XVII. Equatore. — XVIII. Emisferi. — XIX. Meridiani. — XX. Qual'è la più probabile delle due rotazioni? — XXI. La

## I.

Locke in qualche parte osserva colla sua solita facilità di paragone, che la mente al par dell'occhio mentre ci fa vedere e percepire tutte l'altre cose non può mai rivolgere il suo sguardo con vantaggio sopra sè stesso.

Noi troviamo qualcosa di simile nelle nostre ricerche sull' universo; poichè di tutti gli oggetti che lo compongono uno dei più difficili di cui possiamo procurarci una completa conoscenza è il pianeta che abitiamo. La cagione ne è la nostra prossimità ad esso, e l'intima connessione con esso. Noi siamo confinati sulla sua superficie da cui non possiamo separarci. Noi non possiamo avere una veduta a volo d'uccello, nè osservare ad un tratto più che una insignificante porzione della superficie. Noi incontriamo nell'acquistare conoscenza di esso la stessa difficoltà che un animaletto microscopico incontrerebbe nell' acquistare una perfetta conoscenza della forma e dimensioni di un mappamondo del diametro di dodici oncie sulla cui superficie egli striscia.

Pure, per mezzo di una varietà di metodi indiretti forniti della semplicità della ricerca scentifica, noi siamo stati capacitati ad accertarci della sua forma, dimensioni e costituzione fisica, con un considerevole grado di accuratezza.

## II.

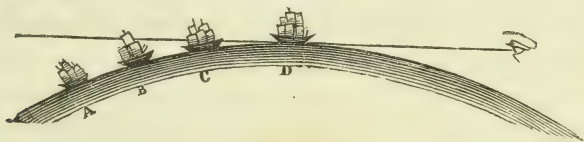
La prima impressione prodotta sull'occhio d'un osservatore, che non ha spinto più oltre le sue ricerche, è che la superficie della terra sia una vasta pianura interrotta solo dalle ineguaglianze del terreno. — Pure una osservazione un po' accurata di alcuni fenomeni facilmente accessibili ad ogni osservatore, correggerà questa erronea impressione.

## III.

È ben noto che se si fa un viaggio sulla terra, tenendo sempre la stessa direzione, almeno per quanto le circostanze lo permettono, noi arriveremo finalmente al punto di partenza. — Se la terra fosse un piano indefinito, questo non potrebbe succedere. — È quindi evidente che qualunque sia la forma esatta della terra, essa è un corpo limitato per ogni verso ed ha una superficie tale, che un viaggiatore o un navigatore possa completamente girarla in una corsa continua.

## IV.

Vediamo pertanto se non possiamo ottenere più distinte nozioni riguardo alla sua forma. Se noi siamo sul ponte di un bastimento sul mare e fuor di vista della terra, la vista essendo limitata solo da cielo

Fig. 1.

ed acqua, e guardiamo all'orizzonte quando un bastimento si avvicina, noi vedremo dapprima il suo albero di gabbia sorgere dall'acqua come un palo.

Mentre esso lentamente si va avvicinando a noi come in B una maggior porzione d'albero diventerà visibile, e si vedranno le vele; tagliate però orizzontalmente dalla linea secondo cui si uniscono l'acqua ed il cielo; ad un maggior avvicinamento del bastimento (come in C e D, il *corpo* diventerà finalmente visibile. Ora poichè questo ha luogo da tutte le parti intorno a noi, ne deve seguire che quando il bastimento è a distanza, vi deve esser qualche cosa frapposto tra di esso e l'occhio ed è ciò che ne intercetta la vista; ma siccome la superficie dell'acqua è generalmente uniforme, e non soggetta a repentine ed accidentali ineguaglianze come quella della terra, noi possiamo immaginare solo che la sua forma generale sia convessa e che la sua convessità sia frapposta tra l'occhio e l'oggetto in modo d'intercettarne la vista. Poichè gli stessi effetti si osservano qualunque sia la direzione secondo la quale il bastimento possa avvicinarsi, ne segue che la stessa convessità deve prevalere d'ogni parte.

Se al contrario la superficie che si estende dall'occhio al bastimento fosse piana il bastimento sarebbe reso invisibile solamente in ragione della sua distanza; laddove è verificato che un bastimento frequentemente è invisibile ad una distanza a cui dovrebbe esser veduto se non fosse la frapposizione di qualche altro oggetto; ciò si può provare, ed in fatto è frequentemente provato in mare montando sull'albero maestro, d'onde il marinajo potendo guardar sopra la convessità vede i vascelli che sono invisibili dal ponte, quantunque strettamente parlando, egli sia più vicino a questi vascelli sul ponte che sull'albero maestro.

Quando il marinajo dopo aver completato un lungo viaggio, scopre colle sue osservazioni ed i suoi conti, d'esser vicino alla desiderata costa, egli scende all'albero di gabbia e spia l'apparire delle montagne od altre terre elevate, e da questo punto le vede sempre molto prima che esse siano visibili dal ponte. Egli poscia le vede dal ponte molto prima ch'egli possa scorgere il livello generale del paese. Tutte queste sono conseguenze naturali e necessarie della convessità della superficie dell'oceano. Gli stessi effetti si osserverebbero in qualunque parte di un continente abbastanza libero di monti ed altre ineguaglianze.

## V.

Ma noi abbiamo una prova molto più concludente e conveniente della forma generale della terra che non sono quelle spiegate. Quando la luna passa direttamente dietro la terra in modo che l'ombra che la terra projetta dietro di sè nella regione opposta al sole cada nella luna, noi troviamo invariabilmente, che essa non è circolare come si dice communemente, ma esattamente tal quale un globo projetterebbe sulla superficie d'un altro globo. Ora se ciò avviene sempre, in qualunque posizione la terra possa trovarsi, e mentre la terra va ruotando rapidamente col suo moto diurno sul suo asse, ne segue che la terra deve essere o una sfera esatta, o così poco diversa da una sfera che la sua deviazione da questa figura sia impercettibile nella sua ombra.

Noi possiamo quindi ritenere come dimostrato che la terra può esser considerata come sferica nella sua forma. — Noi vedremo appresso che essa debolmente devia dalla figura sferica, ma il nostro intento sarà meglio raggiunto considerandola come un globo.

## VI.

Senza dubbio si presenterà alla mente di molti l'obbiezione che l'ineguaglianze che esistono sulla superficie di questa porzione di globo che è coperta dalla terra, specialmente le più alte cime di monti come le Ande, le Alpi, l'Himalaya ed altre sieno incompatibili colla forma sferica. — Se l' espressione forma sferica fosse usata nello stretto senso geometrico, questa obbiezione indubitatamente avrebbe gran forza. — Ma vediamo la grandezza reale di questa presunta deviazione dalla forma sferica. — Le più alte montagne sulla superficie del globo non eccedono cinque miglia d'elevazione sopra il livello generale del mare. — L'intiero diametro della terra, come tosto vedremo, è di ottomila miglia. — Quindi la proporzione fra la più alta cima delle più alte montagne, e l' intiero diametro del globo sarà di cinque a ottomila, o di uno a milleseicento. — Se noi prendiamo un ordinario mappamondo del diametro di sedici oncie, ogni oncia sopra di essa corrisponderà a cinquecento miglia sopra la terra, e la milleseicentesima parte del suo diametro o la ventesima parte di un'oncia corrisponderà a cinque miglia. — Quindi se noi prendiamo una sottile lista di carta, così sottile che bisognerebbe prenderne cento fogli per fare un'oncia in spessore, ed incolliamo questa lista sulla superficie del globo, lo spessore di questa lista rappresenterebbe sul globo di sedici oncie, l'altezza delle più alte montagne sulla terra. — Noi siamo dunque condotti ad ammettere che le più alte catene di monti la allontanano dalla sua forma sferica solo nello stesso grado e nella stessa estensione che un globo di sedici oncie sarebbe deformato dalla sua figura sferica da una lista di carta incollata sopra di esso dello spessore della centesima parte di un' oncia.

Si suppone che le maggiori profondità dell' oceano che copre qualunque porzione del globo non eccedano le più grandi altezze dei monti sulla terra. Se questo è vero, l'oceano sulla terra potrebbe esser rappresentato da uno strato di liquido lasciato sulla superficie del globo di sedici oncie da un pennello di pelo di cammello.

## VII.

Dopo aver soddisfacentemente stabilita la forma della terra, la nostra successiva ricerca deve riguardare la sua grandezza; e poichè essa è un globo, tutto ciò che si domanda di conoscere è la lunghezza del suo diametro.

Se si conducesse una linea intorno al globo in modo da formare sopra di esso un circolo, il cui centro fosse al centro della terra, un tal circolo si chiamerebbe un circolo massimo della terra. — Ora se noi conoscessimo la lunghezza della circonferenza di un tal circolo noi potremmo facilmente calcolare la lunghezza del suo diametro, poichè il rapporto della circonferenza al diametro è esattamente conosciuto. — Ma noi potremo calcolare la circonferenza conoscendo la lunghezza di un grado poichè noi sappiamo che la circonferenza consiste di trecentosessanta gradi; dopo di che noi avremo solo da moltiplicar la lunghezza di un grado per trecentosessanta per ottenere la circonferenza e potremo quindi calcolarne il diametro.

## VIII.

Nel nostro trattato sulle latitudini e longitudini fu veduto come si possa stabilire la latitudine d'un luogo. Ora supponiamo di scegliere due luoghi che siano sotto lo stesso meridiano della terra e quindi abbiano la stessa longitudine, e che non siano molto lontani l'un l'altro. — Per di più si scelgano in modo che la loro distanza si possa misurare accuratamente e facilmente. Ora sia esattamente determinata la latitudine di questi due luoghi, e supponiamo per esempio che la differenza fra queste due latitudini siasi trovata di un grado e mezzo; e supponiamo anche che misurando la loro distanza, questa si trovi di centoquattro miglia e trentacinque centesimi. Noi ne dedurremo che tale deve esser la lunghezza di un grado e mezzo della superficie della terra, e che conseguentemente la lunghezza di un grado sarà due terzi di questo ossia sessantanove miglia e mezzo. Avendo così trovato la lunghezza di un grado avremo a moltiplicarla per trecentosessanta con che otterremo la periferia della terra. Questo darà venticinque mila e venti miglia, e troveremo quindi col solito calcolo il diametro della terra, che riescirà di poco inferiore ad ottomila miglia.

Il fatto che un grado della circonferenza terrestre vale, in numero tondo, tante centinaja di piedi quanti sono i giorni dell'anno, riesce di un utilissimo ajuto alla memoria. Noi abbiamo fatto questi calcoli, principalmente in vista di render intelligibili i principii della investigazione. Le più esatte dimensioni della terra saranno spiegate in seguito.

Noi concludiamo adunque che la terra è un globo del diametro di ottomila miglia.

## IX.

L'annunciar questo grandioso risultato aritmetico è molto più facile che non ottenere una distinta nozione dell'attuale grandezza che esso esprime. Un tale globo ha una circonferenza di venticinque mila miglia. Una macchina locomotiva, che viaggi continuamente giorno e notte colla velocità di venticinque miglia all'ora, impiegherebbe circa 42 giorni a farne il giro.

## X.

Quando il diametro di una sfera sia conosciuto, facilmente si ponno determinare la sua superficie, il suo volume, o *solidità*. Per trovare la superficie noi abbiamo solo a prender trecentoquattordici centesime parti del diametro, e per trovare il volume cinquecento ventiquattro millesimi del cubo del diametro. In questo modo troviamo che la superficie della terra vale duecento milioni di miglia quadrate, e che la sua solidità è circa duecentosessanta mila milioni di miglia cubiche. Se i materiali che costituiscono un tal globo fossero sovrapposti a formare una colonna verticale, la cui base avesse la grandezza dell'Inghilterra e Galles, la sua altezza sarebbe prossimamente di quattro milioni e mezzo di miglia!

## XI.

Tali essendo le dimensioni del globo che abitiamo, noi abbiamo in appresso da considerare quali siano le sue condizioni circa al moto. È desso fermo, come pare? Per parecchie migliaja d'anni nella storia del genere umano, non solo fu considerato tale, ma chi si fosse arrischiato a mettere in questione la sua stabilità e quiete sarebbe stato ritenuto pazzo. Essendosi erroneamente supposto che alcune espressioni delle sacre scritture affermassero la sua immobilità, fu giudicato eretico il negarlo; Galileo che lo fece, fu messo alla tortura dalle autorità ecclesiastiche del tempo e forzato ad ammetter la sua quiete. Però questa verbale *ammissione* era tanto contraria alle sue convinzioni, che, ritirandosi dalla presenza degli inquisitori, battè il suolo e balbettò le parole: Eppur si muove!

## XII.

Poche ore di attenta contemplazione del firmamento durante la notte abiliteranno qualunque comune osservatore a riconoscere che quantunque le stelle relativamente fra loro siano fisse, l'emisfero come un tutto è in moto. Guardando al zenith, cioè al punto direttamente al di sopra della nostra testa, si vedrà costellazione per costellazione oltrepassarlo, essendo sorte dall'orizzonte in una direzione obbliqua da una parte, e dopo aver passato il zenith discendendo all'orizzonte in una direzione egualmente obbliqua dall'altra parte. Pure una più accurata e prolungata osservazione, ed un confronto, per quanto si possa far ad occhio, delle differenti direzioni assunte successivamente dagli stessi oggetti, fa nascere un sospetto, che ogni successiva osservazione rafforza, quello che la vôlta celeste abbia un movimento di lenta ed uniforme rotazione intorno a un certo diametro come asse, trascinando con sè tutti gli oggetti visibili sopra di essa, senza almeno alterare le loro relative posizioni o disturbar la loro disposizione.

Quando queste vaghe impressioni de' sensi sono sottoposte ai più esatti mezzi di osservazione che sono a disposizione degli astronomi si osserva che tutte le apparenze celesti, il nascere e il tramontar delle stelle, del sole, della luna, il loro apparente moto di rotazione nel salire, passare e discendere dai loro varii punti di culminazione sono quelle di una sfera che ruoti di moto uniforme intorno al diametro che è diretto al polo.

Quindi il mondo che abitiamo sembrerebbe, a giudicare da questi fenomeni, fisso nel centro di una sfera cava d'immensa grandezza. Sulla superficie concava di questa sfera cava che in tal modo ne circonda ad una incommensurabile distanza sembrano collocate tutte le stelle. Questa sfera, che porta sopra di sè l'intera creazione, pare ruotare intorno al nostro mondo. Essa fa una completa rivoluzione in ventiquattr'ore; più esattamente 23 ore 56 m. 4 s. 09, ma per ora la causa di questa differenza non occorre di esser menzionata. Con questa rotazione, le apparenze diverse del sorgere e tramontare di tutti i corpi celesti sono perfettamente spiegate.

## XIII.

Gli antichi, che, come fu stabilito, affermavano la realtà di questo moto della sfera celeste, diedero a tutta la creazione che circonda

la terra il nome di Universo, da due parole *Unus* uno e *Versum* ruotante o rotazione; poichè essi ammettevano che per una forza immaginaria chiamata il *primum mobile*, fosse stato impartito al firmento, questo moto rotatorio che poi sempre si conservò.

## XIV.

È facile intendere come l'apparente rotazione diurna del firmamento intorno alla terra possa muovere indifferentemente da una delle due cause, 1.° da una tale reale rotazione del firmamento in ventiquattro ore, 2.° dalla rotazione del globo terrestre nello stesso tempo intorno a quel diametro che è la direzione dell'asse intorno a cui il firmamento sembra rivolgersi.

Non vi è assolutamente altra supposizione possibile che l'una di queste due. Il rifiuto dell' una necessariamente ci conduce all' adozione dell'altra.

Ma può domandarsi di mostrare come la rotazione della terra sopro un asse passante pei poli possa cagionare l' apparente rotazione diurna del firmamento.

## XV.

Ammettiamo che la terra sia un globo che ruota uniformemente sul suo asse in ventiquattr'ore. L'universo intorno ad essa è relativamente stazionario, ed i corpi che lo compongono essendo a distanze inaprezzabili colla visione naturale appariscono come se fossero situati sulla superficie di un'immensa sfera celeste nel cui centro la terra gira. Questa rotazione della terra dà alla sfera l'apparenza di ruotar nella direzione contraria, come il moto progressivo di una barca sopra un fiume dà alla sponda l'apparenza di un moto retrogrado; e poichè il moto apparente del cielo è da est ad ovest, la reale rotazione della terra che produce quest' apparenza deve essere da ovest ad est.

Facilmente s' intende quanto questo moto di rotazione spieghi i fenomeni del sorgere e tramontar degli oggetti celesti. Un osservatore collocato in qualunque punto della superficie della terra, è trascinato intorno all'asse in una circonferenza in ventiquattr'ore, cosicchè ogni parte della sfera celeste è successivamente esposta alla sua vista. Mentre egli è trascinato verso la parte opposta al sole, egli vede il cielo stellato visibile nell'assenza dello splendore di questo luminare. Mentre egli si volge gradatamente verso il sole, la sua luce

comincia ad apparire sul firmamento, l'alba del mattino si manifesta ed il globo continuando a girare, egli è portato in vista dello stesso luminare, gli si manifestano tutti i fenomeni dell' alba del mattino e del sorgere del sole. Mentre egli è diretto verso la parte del firmamento in cui è il sole, gli altri corpi di inferiore lucentezza si perdono nello splendore di questo luminare, e si manifestano tutti i fenomeni del giorno. Quando per la continua rotazione del globo l'osservatore incomincia ad esser rivolto via dalla direzione del sole questo luminare declina ed alla fine scompare, producendo tutti i fenomeni della sera e del tramonto.

Tali in generale sono gli effetti che accompagneranno il movimento di uno spettator situato sulla superficie della terra, e trascinato con essa nel suo movimento di rotazione. Egli è spettatore di un fastoso diorama offerto sopra un' immensa scala; la terra che forma la sua stazione essendo il mobile palco da cui egli è trascinato in giro, in modo da veder successivamente lo spettacolo che lo circonda.

Queste apparenze variano colla posizione assunta dall'osservatore su questo mobile palco, o in altre parole, secondo la sua situazione sulla terra, come fra poco apparirà.

## XVI.

Questo diametro intorno al quale si deve necessariamente supporre che la terra giri per spiegare i fenomeni, è quello che passa pei poli terrestri.

## XVII.

Se si immagina che il globo terrestre sia segato da un piano passante pel suo centro ad angoli retti col suo asse, questo piano segherà la superficie secondo un circolo, che lo dividerà in due emisferi, alla cui sommità sono situati i poli. Questo circolo è chiamato l'*equatore terrestre*.

## XVIII.

Quell' emisfero che racchiude il continente europeo è chiamato l'*Emisfero boreale*, ed il polo che esso contiene è chiamato *polo terrestre boreale*, l'altro emisfero essendo *Emisfero australe*, e contenendo il *polo terrestre australe*.

## XIX.

Se si immagina la superficie terrestre segata da piani passanti pel suo asse, essi segheranno la superficie secondo circoli, che passando pei poli saranno ad angoli retti coll'equatore. Questi meridiani sono chiamati *meridiani terrestri*, e si ponno veder tracciati sopra ogni ordinario globo terrestre.

Queste osservazioni si comprenderanno più chiaramente riportandoci alla figura 2 in cui N è il polo nord, ed S il polo sud della terra, EQ l'equatore. Il firmamento che circonda la terra è rappresentato dal circolo *nesq*. Prolungando l'asse SN della terra fino al cielo egli incontrerà il firmamento in *n* ed *s* poli nord e sud celesti; e nello stesso modo il piano dell'equatore terrestre EQ, essendo prolungato fino al cielo, incontrerà il firmamento secondo *eq*, equatore celeste.

Se un osservatore è posto in O, il suo zenith sarà in Z ed il suo orizzonte in hh'. Siccome il globo ruota da ovest verso est, il cielo si presenterà continuamente alla sua vista verso est, e continuamente scomparirà verso ovest.

## XX.

Ammettendo dunque che tutti i cambiamenti diurni di apparenza presentati dal firmamento, il sorgere e il tramontar del sole, della luna, delle stelle, e la loro varia apparenza in differenti latitudini, possano spiegarsi con egual precisione e completamente, sia supponendo che l'universo giri giornalmente intorno alla terra, sia che la terra giri giornalmente intorno al suo asse, la sola questione che rimane a decidersi si è, quale di queste due supposizioni sia la più probabile.

La stabilità... e l'assoluta quiete del globo terrestre, essendo assunta dagli antichi come una massima fisica che non poteva nemmeno ammettere d'esser posta in questione, essi si accorgevano dell'inevitabile carattere di alternativa che l'apparente rotazione diurna del cielo imponeva sopra di essi, e conseguentemente abbracciavano l'ipotesi che era pur così mostruosa, e che è implicita nel termine universo, che essi ci hanno tramandato.

## XXI.

Ma colle cognizioni che si ottennero dai lavori dei moderni astronomi circa le enormi grandezze dei principali corpi dell'universo fisico, grandezza a cui paragonato il globo della terra si riduce a un semplice punto, e le loro distanze per la cui espressione vien meno quasi anche lo stesso poter dei numeri, e si fa ricorso a colossali unità per renderli capaci di esprimere anche le più piccole di esse, l'ipotesi dell'immobilità della terra, e la diurna rotazione degli innumerevoli mondi di grandezze così inconcepibili, che riempiono l'immensità dello spazio, in ventiquattro ore intorno a questo grano di materia che compone il nostro globo, diviene così assurda, che essa è rifiutata non come una improbabilità, ma come un'assurdità troppo grande, da esser pur per un momento pensata o discussa.

## XXII.

Ma se esistesse alcun titolo di esitazione nel rifiutare questa ipotesi, ogni dubbio sarebbe rimosso dalla semplicità e probabilità intrinsica, dell'unica altra causa fisica che può produrre il fenomeno. — La rotazione del globo terrestre sopra un asse passante pei suoi poli, con un uniforme moto da ovest ad est in ventiquattro ore, è una supposizione contro cui non può addursi una sola ragione basata sull'improbabilità. Un tal movimento spiega perfettamente l'apparente rotazione diurna della sfera celeste. — Essendo uniforme e libero di irregolarità, urti o scosse, esso non sarà visibile per alcun locale spostamento di corpi sulla superficie della terra, i quali tutti vi parteciperanno. — Gli osservatori sulla superficie del nostro globo non potrebbero esserne conscii, più di quello che lo siano i viaggiatori chiusi giù nella cabina di un bastimento o trasportati sopra le nubi nella cestella di un pallone.

## XXIII.

Fu osservato che un corpo discendente da una grande altezza non cade proprio in linea verticale, come dovrebbe se la terra fosse ferma, ma ad oriente di essa, come dovrebbe se la terra avesse un movimento di rotazione da ovest ad est.

## XXIV.

Un ingegnoso ripiego, mediante il quale è resa visibile la diurna rotazione della terra, fu concepito e ridotto ad esperimento dal signor Leone Foucault. Questa invenzione è basata sul principio che la direzione del piano di vibrazione di un pendolo non è influenzata da alcun moto di traslazione che possa esser dato al suo punto di sospensione. — Così, se un pendolo sospeso in una stanza e messo in vibrazione in un piano parallelo ad una delle pareti vien mosso intorno ad una tavola circolare, il piano della sua vibrazione sarà sempre parallelo alla stessa parete, e quindi varierà costantemente quanto all'angolo che esso forma col raggio della tavola che è diretto ad esso.

Ora, se un pendolo, sospeso in qualche luogo così vicino al polo della terra, che il circolo intorno al polo possa considerarsi come piano, è messo in vibrazione in un piano passante pel polo, questo piano, mantenendosi parallelo alla sua direzione primitiva mentre esso è condotto intorno al polo per la rotazione della terra, farà un angolo variabile colla retta condotta dalla posizione che esso occupa, al polo. Dopo esser stato trascinato per un quarto di rivoluzione esso farà un angolo di 90° colla retta al polo, e così via. — In fine, la direzione del polo sembrerà aver ruotato intorno al piano di vibrazione del pendolo.

Gli stessi effetti si produrranno a maggiori distanze dal polo, ma la misura della variazione dell'angolo tra il piano di vibrazione ed il piano del meridiano sarà differente, dipendentemente dagli effetti della curvatura del meridiano. Questo fenomeno quindi essendo un effetto diretto della rotazione della terra offre una prova dell'esistenza di questo moto, raggiungibile senza ricorso ad oggetti fuori dei limiti del globo.

## XXV.

Un'altra evidenza della rotazione della terra sul suo asse è tolta dal fatto constatato che i pianeti che occupano nel sistema solare un posto simile a quello della terra, girano sugli assi, in tempi non molto differenti da quello della rotazione terrestre, *come si vedrà nel nostro trattato sui Pianeti.*

Può quindi ritenersi come provato, che la terra non è fissa e in quiete, ma che essa ha un moto rotatorio intorno al diametro che passa pei suoi poli, compiendo una completa rivoluzione al giorno.

## XXVI.

Dopo aver esposto la prova per cui noi siamo arrivati alla conoscenza della forma sferica della terra, potrà cagionare qualche sorpresa che noi abbiamo ora a riconsiderare e modificare questa conclusione. — Nullameno non vi ha in questo nulla d'insolito. — Ciò è perfettamente in armonia con tutti i lavori di quelli che si dedicano alle scoperte delle leggi della natura.

## XXVII.

È condizioue dell'uomo, e probabilmente di tutte le altre intelligenze finite, di arrivare al possesso della scienza pel lento e laborioso processo di una specie di sistema di tentativi ed errori. — Le prime conclusioni a cui nelle ricerche fisiche l'osservazione ci conduce, non sono mai più che grossolane approssimazioni al vero. — Queste venendo assoggettate a successivo confronto cogli originali, sostengono una prima serie di correzioni essendo rimossa la più pominente e cospicua deviazione dalla conformità. — Così si ottiene una seconda approssimazione, ma però solo un' approssimazione; e fatto un altro più severo confronto coi fenomeni sotto investigazione si ottiene una più vicina approssimazione. — Ora questo progressivo avvicinamento alla esattezza perfetta pare non debba avere alcun limite. — I migliori risultati dei nostri lavori intellettuali hanno ancora solo una vicina somiglianza al vero la cui assoluta perfezione è probabilmente riservata ad un più alto stato intellettuale.

Queste osservazioni sono illustrate dal processo di ricerca e di scoperta in ogni ramo delle scienze fisiche, ma in nessuna così frequentemente e fortemente come in quello che ci occupa.

La prima conclusione a cui noi siamo arrivati rispetto alla forma della terra si è che essa è un globo; e rispetto al suo moto che essa è in uniforme rotazione intorno uno dei suoi diametri, facendo giornalmente una completa rivoluzione.

## XXVIII.

Quindi la prima questione che ci si presenta è di sapere se questa forma e questa rotazione siano compatibili? Non è difficile vedere pei più semplici principj della fisica che non lo sono; che con una tal forma, una tal rotazione non potrebbe mantenersi, e che con una

tale rotazione questa forma non potrebbe continuare permanentemente. La conclusione che la terra gira sul suo asse con un moto corrispondente all' apparente rotazione del firmamento, è tale da non ammettere alcuna modificazione, e deve essere per sua natura o assolutamente ammessa o assolutamente rifiutata. La forma sferica attribuita alla terra fu dedotta da osservazioni di general natura, sprovviste d' ogni condizione di esatta misura, e che sarebbero egualmente compatibili con innumerevoli forme differenti, in considerabilissimo e commensurabile grado, da quella di una esatta sfera geometrica o globo.

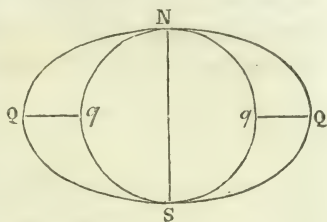



Fig. 3.

## XXIX.

È un fatto famigliare ad ognuno che quando un corpo è fatto girare circolarmente, esso ha una tendenza a fuggir dal centro. — Questa è chiamata *forza centrifuga*. Se si fa girar una pietra in una fromba, questa tendenza si prova sensibilmente.

Per la ragione della rotazione della terra sul suo asse tutte le materie che la compongono, solide e fluide, essendo trascinate intorno all'asse in circoli di maggiore o minor raggio, hanno questa tendenza a fuggir dall'asse intorno a cui esse sono così fatte girare; e questa tendenza è più forte per quelle parti che sono più lontane, che non per quelle che sono più vicine all'asse comune.

## XXX.

Se il globo che così gira fosse totalmente composto di materie capaci di obbedire all'azione di tali forze, esso assumerebbe ovviamente una forma diversa da quella di un'esatta sfera. — Le parti più vicine all'Equatore si estenderebbero ad una maggior distanza dall'asse, quelle più remote dall' Equatore ad una distanza minore, e così via, finchè al polo la materia non sarebbe del tutto influenzata dalla rotazione. Questo sarebbe il caso, se il globo fosse formato di materie in istato liquido o anche semiliquido o molle, o se i suoi materiali fossero elastici.

La forma che esso assumerebbe sarebbe somigliante a quella di un arancio o di un navone. — Così, se NS (fig. 3) fosse il suo asse, il dia-

metro equatoriale *qq* sarà dilatato alla maggior lunghezza QQ, mentre le parti fra *qq* e i poli saranno tanto meno estese quanto più son vicine ai poli. — Il globo quindi sarebbe cambiato dalla forma N*q*S*q* di una vera sfera, alla forma NQSQ di un globo schiacciato chiamato in geometria uno sferoide *enfiato*.

## XXXI.

La forma elittica si dipartirebbe sempre più da un vero circolo, quanto il moto di rotazione si fa più rapido, cosicchè fra il tempo di rotazione ed il grado di elitticità vi è una relazione fissa, tale che quando è dato il tempo della rotazione, la forma ovale, o ciò che vale lo stesso la proporzione del diametro equatoriale al polare può calcolarsi.

## XXXII.

È certo quindi che se la terra fosse composta di materie fluide, molli o elastiche, essa non potrebbe conservare la forma di un globo, ma diventerebde uno sferoide, avente quel grado di elitticità che corrisponderebbe ad un moto di rotazione colla velocità di una rivoluzione al giorno e si trova dal calcolo che questa elitticità sarebbe tale che il diametro equatoriale sarebbe più grande del diametro polare di una trentesima parte.

## XXXIII.

Ma la terra, nel suo stato presente, non è composta di tali obbedienti materiali, e nasce la questione, quale in questo caso debba essere l'effetto della rotazione diurna sulla distribuzione della terra e dell'acqua, se la terra fosse un globo esatto.

## XXXIV.

Le parti solide della terra resisterebbero per la loro coesione alla tendenza della rotazione, in virtù della quale sarebbero accumulate intorno all'equatore; ma questo non sarebbe il caso delle acque formanti i mari e gli oceani. — Questi in causa della loro libertà e mobilità obbedirebbero alla forza centrifuga, e si aumenterebbero intorno all'equatore, rifluendo in questa direzione dalle regioni polari di ciascun emisfero, cosicchè la necessaria conseguenza dell' aver la terra

una forma esattamente sferica ed una rotazione diurna, sarebbe che la superficie dovrebbe constare di due vasti continenti polari, seperati da un esteso oceano equatoriale. — Tale non essendo la distribuzione dei continenti e dei mari sulla terra, ne segue che la sua forma non può esser quella di un esatto globo.

## XXXV.

Rimane, poscia, da trovare mezzi per constatare con misure ed osservazioni dirette, quale sia l'attuale forma della terra.

Se un meridiano terrestre fosse un circolo esatto, come sarebbe necessariamente se la terra fosse un globo esatto, ogni sua parte avrebbe la stessa curvatura. — Ma se esso fosse un elisse, il cui diametro polare fosse l'asse minore, avrebbe una curvatura variabile essendo maggiore la convessità all'equatore, e minore ai poli. — Quindi, se si potesse constatare coll'osservazione che la curvatura di un meridiano non è uniforme, ma che al contrario essa aumenta andando verso la linea e diminuisce andando verso i poli, noi otterremmo una prova che la sua forma è quella di uno sferoide schiacciato.

Per comprender il metodo di constatare questa cosa, si deve considerar che la curvatura dei circoli diminuisce coll'aumentar dei loro diametri.

Se quindi si è osservato e misurato un grado di meridiano a differenti latitudini, e si è trovato che la sua lunghezza non è uniformemente la stessa come sarebbe stato se il meridiano fosse un circolo, ma che essa è minore avvicinando all'equatore, e maggiore avvicinando al polo, ne segue che la convessità o curvatura cresce verso l'equatore, e scema verso i poli; e che conseguentemente il meridiano ha la forma, non di un circolo, ma di un ellisse il cui asse minore è il diametro polare.

Conseguentemente tali osservazioni furono fatte, e furono misurate le lunghezze di un grado in varie latitudini, dalla linea a 66° N. ed a 35° S., e furono trovate variare da 363,000 piedi sotto la linea fino a 367,000 piedi alla lat. 66°.

Dal confronto di tali misure, fu constatato che il diametro equatoriale dello sferoide supera il diametro polare di 1/300 della sua lunghezza.

Ora questa è precisamente la forma, precisamente il grado di ellitticità, che un globo composto di materiali fluidi o molli assumerebbe se avesse una rotazione sul suo asse in ventiquattro ore.

Così appare, che la forma della terra, constatata dall'osservazione, offre un'altra prova della sua rotazione diurna.

## XXXVI.

Non basta conoscere le proporzioni della terra. Si domanda di determinare le dimensioni attuali dello sferoide. Le seguenti sono le lunghezze dei diametri polare ed equatoriale, secondo i calcoli delle più eminenti e recenti autorità.

| | Bessel | Airy |
|---|---|---|
| | Miglia | |
| Diametro polare. . . . . . . . . . . . . | 7899,114 | 7899,170 |
| Diametro equatoriale. . . . . . . . . . | 7925,604 | 7925,648 |
| Differenza assoluta. . . . . . . . . . . . | 26,471 | 26,478 |
| Eccesso del diametro equatoriale espresso in frazione della sua intera lunghezza. . . | $\frac{1}{299,407}$ | $\frac{1}{299,330}$ |

La perfetta coincidenza di questi risultati offre un esempio sorprendente della precisione a cui furono portati tali calcoli.

## XXXVII.

La deviazione dello sferoide terrestre dalla forma d'un globo esatto è così trascurabile che se fosse posto dinanzi un esatto modello in avorio, noi non potremmo, nè colla vista nè col tatto, distinguerlo da una perfetta palla da bigliardo. La figura di un meridiano effettivamente tracciato sulla carta potrebbe distinguersi da un circolo solo colle più esatte misurazioni.

## XXXVIII.

La grandezza della terra essendo conosciuta con grande precisione la determinazione della sua massa e quella della sua densità media divengono un unico e medesimo problema, poichè il confronto della sua massa colla sua grandezza ci darà la sua densità media, ed il confronto della sua densità media colla sua grandezza ci darà la sua massa.

I metodi di constatare la massa o l'effettiva quantità di materia contenuta nella terra, sono tutti fondati sul confronto della forza di gravitazione o attrazione che la terra esercita sopra un corpo coll'attrazione

che qualche altro corpo esercita sullo stesso corpo. — È ammesso, come un postulato o assioma in fisica, che le masse di materia che ad eguali distanze esercitano eguali attrazioni sullo stesso corpo, devono essere eguali, ma siccome non è sempre possibile di portar il corpo attraente e l'attratto ad eguali distanze, si ponno osservare le loro attrazioni a distanze diverse, e di qui se ne ponno inferire le attrazioni che essi eserciterebbero ad eguali distanze per mezzo della legge generale di gravitazione per la quale l'attrazione esercitata dallo stesso corpo aumenta nel rapporto in cui diminuiscono i quadrati delle distanze da esso.

## XXXIX.

Per risolvere questo celebre problema è necessario di confrontar direttamente l'intera massa del globo con qualche corpo la cui massa sia esattamente conosciuta. — Questo fu superato prima dal Dottore Maskelyne, e poscia da Cavendish. — Il primo paragonò l'attrazione della terra con quella di un monte nel Perthshire, chiamato Schehallion; l'altro la paragonò coll'attrazione di una grossa sfera di metallo; ambedue ottennero prossimamente lo stesso risultato, rilevando che la terra è una massa di materia 5 2/3 più pesante di un egual volume d'acqua, o ciò che è lo stesso, che la densità media della terra è 5 2/3, o più esattamente 5,67 volte la densità dell'acqua.

Fra le sostanze che hanno prossimamente la stessa densità della terra, si ponno menzionare, l'arsenico, il crômo, il cloruro d'argento, gli ossidi di rame e zinco ed il perossido di ferro.

## XL.

Il peso d'ogni piede cubico di terra essendo 5,67 volte il peso di un piede cubico d'acqua, cioè 354, 375 libbre o 0,1587 di una tonnellata, ne segue, quindi, che il peso totale della terra è maggiore di 6,000,000,000 di bilioni di tonnellate.

Prof. G. Brusa.

# PRIME NOZIONI DI GEOGRAFIA

Italia.

I. Introduzione. — II. Antico Continente; — Europa. — III. Africa. — IV. Asia. — V. Polinesia. — VI. Nuovo Continente. — VII. Configurazione delle terre. — VIII. Fiumi. — IX. Climi, e distribuzione geografica delle piante e degli animali. — X. Le montagne e le pianure. — XI. L' Oceano.

## I.

## INTRODUZIONE.

**1. Origine del nome**. — La scienza che descrive la superficie della terra è chiamata *Geografia,* dalle due parole greche *ge,* terra, e *grafo,* io descrivo.

**2. Nozioni preliminari.** — La forma rotonda della terra, il ruotare che essa fa intorno al suo asse, in modo di compiere ogni giro in ventiquattro ore, i poli, l'equatore e le altre linee immaginarie che si chiamano meridiani e paralleli, le latitudini e le longitudini, colle quali si esprime la posizione di ogni punto della superficie relativamente all'equatore e ad un meridiano, i metodi di determinare questa posizione per qualunque punto, la divisione del globo in due emisferi, boreale e australe, per mezzo dell' equatore, oppure in emisfero orientale ed emisfero occidentale per mezzo del meridiano di Greenwich, di Parigi o dell' isola del Ferro (1), sono argomenti che furono bastantemente esposti nei nostri trattati intorno alla *terra in generale* ed alle *latitudini e longitudini.* Tutte queste cose costituiscono i preliminari indispensabili per chi vuole avere della geografia una chiara e sufficiente cognizione, e noi supporremo nel presente trattato che sieno affatto famigliari ai nostri lettori.

**3. La distribuzione della terra e dell' acqua sulla superficie del globo** è il primo fatto che ci si presenta nello studio della geografia.

L'intiera superficie del globo si può valutare a circa due mila milioni di miglia quadrate (2). Se fosse tutta uniformemente allo stesso livello, sarebbe tutta coperta dall'acqua, ma siccome è ineguale e ondulata, così l' acqua, obbedendo alla legge di gravità, si trova soltanto nei luoghi più bassi e lascia asciutte le parti più elevate. Per tal modo tre quarti circa della superficie terrestre sono coperti di acqua. Ed ecco come l' Onnipotente ha *radunate in un sol luogo tutte le acque,* ha fatto *apparire la terra arida,* ed *alla riunione delle acque* ha dato il nome di *mare.*

(1) L'autore inglese di questo trattatello ha naturalmente adottato il sistema di indicare le longitudini partendo dal meridiano di Greenwich. Per passare da questo sistema a quelli usati dalle altre nazioni giova sapere che i Francesi preferiscono in generale prendere come meridiano principale quello di Parigi, gli Spagnuoli quello di Cadice, i Tedeschi e gli Italiani quello dell' Isola del Ferro, e gli Americani del Nord quello di Washington; e che, prendendo per meridiano principale quello di Parigi, tutti gli altri luoghi citati vengono ad avere una longitudine occidentale, la quale poi è precisamente di 20° per l'Isola del Ferro, di 8° 37′ 37″ per Cadice, di 2° 20′ 24″ per Greenwich, e di 79° 22′ 24″ per Washington. — Vedasi anche la nota seconda al trattatello delle *latitudini e longitudini.*

(*Nota del Trad.*)

(2) Un miglio inglese equivale a metri 1609, 31, mentre un miglio geografico italiano di 60 al grado ne vale circa 1852. Dunque la superficie totale del globo è di più di cinque milioni di miriametri quadrati, ciascuno dei quali contiene cento milioni di metri quadrati. — Le miglia inglesi si convertono in miglia italiane di 60 al grado dividendole per 1,151. Una lega francese è di metri 4444,4, un miglio geografico tedesco di 7407 metri. (*Nota del Trad.*)

La terra ferma si può dunque considerare formata dalle sommità di montagne e da alti piani che sporgono dall'acqua, avendo la loro base sul fondo del mare.

**4. Le ineguaglianze della superficie terrestre** sono estremamente varie e irregolari, e siccome da esse dipende la distribuzione e la configurazione della terra ferma, così anche queste riescono singolarmente varie e complicate. L'inclinazione colla quale le parti elevate si affondano nel mare determina le linee che limitano la terra ferma e il mare, e siffatti limiti e contorni danno alla terra ferma quelle particolari forme e quei caratteri, la cui descrizione forma gran parte della geografia. Per distinguere le quali forme, e per classificarle, fu inventato un sistema particolare di termini.

**5. Termini geografici.** — Quantunque questi termini non siano ammessi con rigorose definizioni, e la loro applicazione sia spesso più o meno arbitraria, tuttavia essi sono utilissimi, ed ormai indispensabili anche per acquistare le più generali cognizioni di geografia.

**6. Isole** furono detti quei tratti di terra che sono interamente circondate dall'acqua; ma specialmente quei tratti che non hanno una considerevole estensione. Che se sono piccolissimi, si chiamano *isolette*.

La distribuzione delle isole non è uniforme. In certi luoghi sono densamente aggruppate in una limitata estensione di acqua, e in tal caso quel tratto di mare sparso di isole vien detto *arcipelago* (1); questo nome fu dapprima dato in particolar modo al mare Egeo, che separa la Grecia dall' Asia Minore, ma in appresso fu generalizzato e condotto a significare ogni porzione di mare, che abbia il carattere suaccennato.

Le isole sono per la più parte collocate vicino alle coste di qualche maggiore estensione di terra ferma. E in tal caso è evidente ch' esse fanno parte di questa terra ferma, benchè separate per mezzo d' una valle occupata dal mare. Ma v' hanno altre isole, le quali sono fra loro riunite in gruppi e lontane da ogni altra terra, ovvero disposte in linee, ed altre ancora, benchè meno frequenti, che sorgono isolate e solitarie in mezzo al mare.

**7. I continenti** sono terre circondate dall' acqua, la cui grandezza è considerevole, rispetto all' intera superficie del globo.

(1) Gli etimologisti non sono d'accordo sull'origine di questo nome. Alcuni suppongono che sia composto colle parole greche *archos*, capo, e *pelagos*, mare; altri che venga da *Aigaios* e *pelagos*, mare Egeo.

Si comprende facilmente che questa distinzione fra le isole e i continenti, dipendendo soltanto dalla loro comparativa grandezza, dev'essere affatto arbitraria, così che non v'è alcun limite, oltre il quale una terra circondata dall'acqua cessi d'essere un'isola per diventare un continente. E questo è così vero, che l'Australia, il più gran tratto di terra che si trovi nell'emisfero australe, fu dapprima classificata fra le isole, e più recentemente i geografi le hanno dato il titolo di continente.

Oltre a questo nuovo continente, non ve n'è che due, ai quali venga dato propriamente questo nome, ed ambedue assai grandi, e collocati l'uno nell'emisfero orientale, l'altro nell'occidentale.

**Il continente orientale,** talvolta denominato anche *gran continente,* comprende l'Europa, l'Asia e l'Africa; ciascuna delle quali parti fu considerata come un continente distinto, quantunque tutte insieme formino un tratto di paese continuo, così che da un punto qualunque di esso si può sempre andare in un altro, senza mai attraversare alcun mare.

**Il continente occidentale,** più piccolo, è formato dalle due Americhe, settentrionale e meridionale.

Il primo, l'orientale, essendo stato conosciuto dagli antichi, è spesso chiamato anche *antico continente* o *antico mondo;* l'occidentale, perchè non conosciuto prima della scoperta fattane da Colombo nel secolo decimo quinto, vien detto frequentemente anche *nuovo mondo.*

**8. Penisola** è ogni terra quasi completamente circondata d'acqua, in modo da rimanere attaccata ad un'altra mediante un piccolo lembo di terra. Questo nome deriva da due parole latine, *pene,* quasi, e *insula,* isola.

**9. Istmo** viene poi chiamato quel lembo di terra, che unisce la penisola ad un continente, o in generale che unisce insieme due più grandi estensioni di paese. E il nome deriva da una parola greca, che ha lo stesso preciso significato.

Gli esempii più rimarchevoli di istmi sono forniti da quelle strette lingue di terra che uniscono l'Africa all'Asia, e l'America settentrionale alla America meridionale. Il primo è chiamato *istmo di Suez,* ed il secondo *istmo di Panama,* dal nome delle due città collocate l'una sulle coste del Mar Rosso, l'altra su quelle dell'Oceano Pacifico.

Abbiamo detto che le penisole sono in generale unite ad un continente per mezzo di un istmo; ora aggiungeremo che la cosa non è sempre così, e che furono dette penisole anche alcune terre, le quali sono unite con qualche continente mediante un tratto di paese

troppo largo per poter essere chiamato un istmo. Fra i numerosi esempii di questa specie di penisole citeremo la penisola iberica, che comprende la Spagna e il Portogallo, la penisola italiana, la penisola ellenica, formata dalla Grecia meridionale, e l'India; in seguito a' quali esempii potremmo citare molte altre parti che si prolungano nel mare in forma di punta.

**10. Promontorio** è il nome che si dà ad ogni parte estrema d'un paese, la quale si spinga molto avanti nel mare, e presenti così la forma di penisola, senza avere alcun riguardo alla sua maggiore o minore altezza sul livello del mare. Questo termine è però applicato generalmente a porzioni di terra meno estese di quelle che sono chiamate penisole.

**11. Capi** furono poi specialmente denominati quei promontorii, che hanno un'elevazione considerevole, e che sono quindi visibili in mare sino ad una grande distanza (1).

**12. Il rilievo della terra ferma** ha esso pure dato origine a diversi nomi, a seconda della sua varia altezza, o, come dicono i geografi, della sua varia *altitudine* sul livello generale della superficie terrestre o sul livello del mare.

**13. Pianure e paesi bassi.** — Furono così chiamati quei paesi che non si elevano molto sopra il livello del mare, ed hanno nello stesso tempo una estensione considerevole.

Nelle lingue dei diversi popoli questi paesi ebbero differenti nomi secondo il loro aspetto generale e loro vegetazione. Così, per esempio, ogni pianura estesa, sabbiosa e affatto priva di vegetazione fu detta un *deserto:* tale è, fra le altre, quell' immensa pianura che tutti sanno esistere nell' Africa settentrionale, sotto il nome di *deserto di Sahara.*

Altre pianure furono chiamate *lande* in Francia, *steppe* in Russia, *llanos* (pron. *glianos*), *pampas*, *selve*, *savanne*, *praterie*, ecc. (2), in America, secondo che sono più o meno coperte di vegetazione, e secondo la natura di questa.

**14. Altipiani, rialti e acrocori** sono quelle estensioni di terra che si elevano molto sul livello del mare, e presentano in generale una superficie piana: sono vere pianure portate ad una grande elevazione (fig. 1, *a*, *b*). Nel centro dell' Asia e in America trovansene i più considerevoli esempii.

(1) L'estremità d'ogni promontorio è chiamata *punta*, qualunque sia la sua elevazione. *(Nota del Trad.)*

(2) E in Italia *scopeti*, *brughiere*, ecc. come vedremo più avanti. *(Nota del Trad.)*

**15. Colline**. — Sono alture che non eccedono mille piedi in altezza (1) sopra il livello generale della pianura circostante; e possono avere forme assai svariate, mostrandosi ora arrotondate (fig. 1, *e*), ora coniche (fig. 1, *d*), ora a schiena d'asino (fig. 1, *c*), ecc.

Fig. 1. *Diverse forme d'isole.*

**16. Le montagne** si elevano d'ordinario più di mille piedi (300 metri circa), e possono anch'esse presentare molta varietà nelle forme; anzi si può dire che in esse si trova molto maggiore varietà che nelle colline (fig. 2).

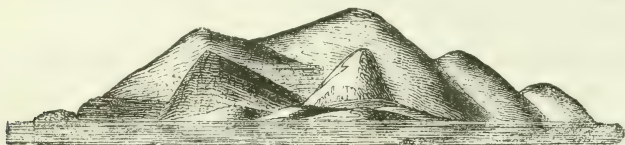



Fig. 2. *Gruppi di montagne.*

L'applicazione dei due nomi *colline* e *montagne* è affatto arbitraria, così che bene spesso in un paese si chiamano montagne certe alture, che sono in realtà meno elevate di quelle, che in un altro si considerano appena come colline.

Le forme così varie delle montagne hanno di solito una importante relazione colla loro struttura: e i geologi possono spesso dedurre dalla forma d'una montagna la natura della roccia di che è composta. Così, per esempio, quando le montagne si elevano rapidamente e presentano punte acute a guisa di guglie (fig. 4), sono formate dalla roccia chiamata *gneiss* o *serizzo* (2), e siffatti picchi, frequentissimi nelle Alpi, sono appunto chiamati *guglie, denti, picchi* e *corni* (*hörner* dei Tedeschi) (3). Altre montagne presentano una struttura che direbbesi co-

(1) Un piede inglese è lungo 305 millimetri (meno di un terzo di metro); quindi mille piedi equivalgono a 305 metri, e i piedi inglesi si convertono in metri dividendo il loro numero per 3,27, ossia prossimamente per 3. Un piede francese è circa 325 millimetri, e quindi di poco più lungo dell'inglese.

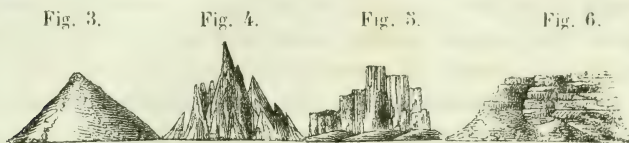
(*Nota del Trad.*)

(2) I Lombardi chiamano *béola* o *bevola* questa roccia, che serve a fare marciapiedi, stìpiti di porte, gradini e pianerottoli di scale, lastroni per terrazze e terrazzini, pavimenti di portici, ecc. (*Nota del Trad.*)

(3) Esempii: *Dents du midi, Aiguille verte, Finsteraarhorn*, ecc.

(*Nota del Trad.*)

lonnare, e vedute da lungi sembrano fortificazioni (fig. 5), e in tal caso sono di solito formate di roccie calcaree. Le montagne formate di queste rocce però presentano frequentemente anche la struttura rappresentata dalla figura 6, cioè appaiono come formate a gradinate,

Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

*Diverse forme di montagne.*

coi gradini orizzontali l'uno sull' altro collocati. Finalmente, le montagne coniche, e con una cavità in forma di coppa o d' imbuto alla loro sommità, sono sempre d' origine vulcanica (1). La figura 7 rappresenta un esempio di questa forma, nel gruppo d' isole chiamate *Barren-Island* nel golfo del Bengala: gruppo che consiste in un cono

Fig. 7. *Gruppo d'isole chiamato* Barren-Island *nel Golfo del Bengala.*

vulcanico sorto repentinamente dal mare nel 1848, spesso in istato d' eruzione, e circondato da altre isole coniche d' eguale origine.

**17. Sistemi o catene di montagne.** — Un sistema o una catena di montagne consiste in una serie di montagne, avente varie elevazioni e forme diverse, ma spesso continuata attraverso tutta l'estensione di un intero continente. Tali sono le catene delle Alpi, dei Pirenei, degli Apennini, degli Urali, ecc., come vedremo più avanti.

(1) E questa cavità fatta ad imbuto è il *cratere*, pel quale escono tuttora od escirono altre volte le materie vulcaniche provenienti dall'interno della terra. Per questa forma si riconoscono facilmente d'origine vulcanica molti monti dell'Italia centrale e meridionale, quali sono le alture che contengono i laghi di Bolsena o di Bracciano, i monti Albani presso Roma, un monte nel cui centro sta il villaggio di Roccamonfina nel Napoletano, quasi tutte le alture dei Campi Flegrei presso Napoli, ecc. (*Nota del Trad.*)

**18. Oceano.** — La configurazione del mare, dipendendo dalla varia sporgenza della terra ferma, deve necessariamente corrispondere a quella dei continenti e delle isole, e dare origine ad una particolare serie di termini adoperati nei trattati di geografia.

Un *oceano* è rispetto all'acqua ciò che un continente è rispetto alla terra ferma; cioè *oceano* significa una vasta estensione di acqua non interrotta da alcun tratto di terra.

È ben vero che, considerando la particolare distribuzione della terra ferma e dell'acqua sul globo, si può formare di tutta l'acqua un solo oceano, perchè fra tutti i suoi punti v'ha sempre una comunicazione per mezzo dell'acqua. Nulla di meno i geografi hanno trovato conveniente di dividerla in parecchi oceani distinti, nel modo che vedremo più avanti.

**19. Mari.** — *Mari* furono chiamate le estensioni d'acqua meno grandi degli oceani, e generalmente limitati da continenti o da grandi isole.

**20. Golfi** sono porzioni di mare parzialmente circondate da terra.

**21. Baie** sono quasi la stessa cosa che i golfi, ma di minori dimensioni. Come avviene per ogni altro termine geografico, anche per questo il senso è arbitrario e indefinito, così che v'hanno dei tratti di mare, chiamati golfi, che sono più piccoli di altri, che vengono detti baie.

I golfi e le baie sono quindi rispetto all' acqua ciò che sono le penisole e i promontorii rispetto alla terra ferma.

**22. Stretti** sono chiamati quelle striscie d'acqua di poca larghezza che connettono estensioni d' acqua di maggiore ampiezza. Sono quindi paragonabili agli istmi, che uniscono fra loro i continenti e le penisole.

In alcune lingue uno stretto si chiama impropriamente col plurale *stretti*; così per esempio, lo stretto di Gibilterra è frequentemente chiamato dagli Inglesi *straits of Gibraltar* (1).

**23. Canali o passi** vengono poi detti particolarmente quegli stretti che separano due coste fra loro più o meno parallele, ed hanno una larghezza considerevole.

**24. Porti, rade, anse, seni e cale** sono piccole porzioni d'acqua, che dalle adiacenti terre sono difese dai venti più forti e pericolosi, ed hanno una profondità sufficiente perchè vi stiano sicuri i bastimenti, ma non così grande da rendere impossibile l' ancorarsi.

(1) Gli Italiani chiamano anche *fari* alcuni stretti, dicendo, per esempio, *Faro di Messina* a quello stretto che separa la Sicilia dall'Italia peninsulare.

In questi luoghi dunque sogliono rifugiarsi i bastimenti quando il mare è pericoloso, e fare le solite soste durante i loro viaggi (1).

**25. Banchi, banchi di sabbia, bassi fondi e secche.** — Sono così chiamate quelle parti del fondo del mare che s'innalzano fin presso alla superficie dell'acqua, in modo da riescire pericolosi ai bastimenti che vi passan sopra; e spesso, nei luoghi ove sono più forti le maree, rimangono scoperti quando il mare è basso.

**26. Banchi di coralli e di scogli, scogli a fior di acqua e frangenti.** — *Reefs* degli Inglesi, *recifs* e *brisans* dei Francesi. — Questi diversi nomi sono dati agli scogli ed ai gruppi di scogli che s' innalzano sino a fior d' acqua, così che, quando il mare è agitato, le onde vi si rompono contro, e la schiuma che ne nasce li indica ai naviganti: ma quando il mare è calmo e non v' ha una marea molto alta, rimangono nascosti dall' acqua e riescono sommamente pericolosi.

**27. Scandagli.** — A misurare la profondità del mare serve lo *scandaglio* (*sound* degli Inglesi, *sonde* dei Francesi). Questo strumento è una fune di lunghezza conveniente, alla cui estremità sta appeso un pezzo di piombo; molti nodi sono fatti sopra questa fune ad intervalli eguali e determinati, partendo dal pezzo di piombo, e il loro numero è indicato da appositi segni visibili.

Per far uso dello scandaglio, dopo avere arrestata la nave nel luogo fissato per l'esperienza, si lascia cadere rapidamente il piombo nel mare, e svolgere la fune da un verricello o tornio, a cui è avvolta, e che può girare rapidamente sopra due pernii fissati alla sponda del bastimento. Due uomini, tenendo le loro mani sul verricello, ne regolano il moto, e un terzo osserva la fune che scorre lungo il fianco del bastimento. Quando il piombo è giunto a toccare il fondo del mare, la fune cessa di svolgersi dal verricello e i marinai guardano il numero del nodo che è più vicino al livello dell'acqua, e da questo deducono la lunghezza della fune sommersa, e quindi la profondità del mare, espressa in braccia, perchè l'intervallo fra un nodo e l'altro si fa di quattro braccia.

Il piombo, che è sospeso all'estremità della fune, presenta alla sua estremità inferiore un incavo, nel quale i marinai mettono un po' di sego; in tal modo, arrivando il piombo con una certa velocità sul fondo del mare, s'attaccano al suo sego le minute porzioni di conchiglie, i sassi, i granelli di sabbia, e le altre sostanze incoerenti

(1) Siffatti luoghi, ove le navi possono meglio ancorarsi, si chiamano anche *ancoraggi*. (*Nota del Trad.*)

che vi si trovano; e quando poi è ritratto dall' acqua, il piombo porta seco questi corpi, e dà a conoscere ai naviganti la natura del fondo del mare, nello stesso tempo che la sua profondità (1).

In questa maniera si sono fatte osservazioni e misure in tutti i mari più frequentati, e sono state disegnate e incise delle carte *idrografiche*, nelle quali sono segnate in braccia le profondità del mare in tutti i punti osservati, e frequentemente è indicata anche la natura del fondo. E si è trovato, che, fortunatamente, la profondità dell' oceano e dell'alto mare è generalmente abbastanza grande da non riescire pericolosa alla navigazione, e che l'uso di siffatte carte non è necessario se non nei mari interni, negli stretti e lungo le coste (2).

**28. Laghi** sono propriamente parlando tutte le estensioni d'acqua circondate completamente dalla terra, e non aventi alcuna immediata comunicazione superficiale col mare. Sono quindi paragonabili alle isole ed ai continenti; ma, come si usa per le isole, non si chiamano laghi se non quando hanno una piccola superficie: i laghi molto grandi sono detti *mari interni*.

(1) Recentemente, per rendere più pesante il piombo dello scandaglio, affinchè discenda più presto e la fune non sia facilmente dalle correnti sottomarine deviata dalla direzione verticale, e per ridurlo poi leggiero quand' è il momento di ritrarlo dall'acqua, hanno immaginato un particolar modo di costruzione. Il pezzo principale è ancora un cilindro metallico, appeso per un' estremità alla fune e coll'altra estremità scavata al modo solito; ma sovr' esso può scorrere facilmente una palla da cannone, attraversata da un foro cilindrico passante pel suo centro; e la sospensione del cilindro metallico alla fune è fatta in modo, che una fune più sottile ne discende a sostenere la palla finchè lo scandaglio si affonda nel mare, ma si stacca e lascia cadere prontamente la palla quando lo scandaglio tocca il fondo. In questo modo si ottiene che lo scandaglio si conserva molto pesante e discende rapidamente fino al momento in cui tocca il fondo: allora la palla da cannone si stacca e cade sul fondo stesso, e lo scandaglio, fatto leggero perchè ridotto al solo cilindro metallico, può essere facilmente sollevato e ricondotto nel bastimento. Si perde una palla da cannone ogni volta che si fa uso dello scandaglio, ma si guadagna molto nella prontezza e nell'esattezza delle misure.

(*Nota del Trad.*)

(2) La profondità media del mare sembra potersi considerare di circa 6000 metri. V'hanno luoghi ove il mare è profondo dieci a dodici mila metri, vale a dire ha una profondità eguale all'altezza dei più alti monti sul livello del mare. Di più, in alcuni luoghi non si è potuto collo scandaglio trovare il fondo, e la fune si ruppe per il peso del piombo e pel suo proprio peso, prima che il piombo si fermasse. Però, nei mari presso le coste la profondità non è grande, di 20, 30, 50, sino a 100 piedi, per esempio, e il fondo è pressochè piano. Il fondo del mare Adriatico fra le bocche del Po e la Dalmazia è quasi orizzontale, abbassandosi assai lentamente verso la Dalmazia, e facendo verso ponente continuazione alla pianura veneta.

(*Nota del Trad.*)

Ed anche per questo termine è da osservarsi che la sua applicazione è interamente arbitraria; così che spesso si chiamano laghi dei tratti d'acqua più grandi di altri che si prendono per mari interni.

**29. Fiumi** sono le grandi acque correnti, che sono formate dalla pioggia e dalla neve caduta nei luoghi più elevati, discendono nei luoghi più bassi, si uniscono l'una all'altra, e finiscono generalmente col gettarsi nel mare.

**30. Il letto od alveo d' un fiume** può essere considerato come un solco scavato nel suolo, che discende in direzione variabile secondo l'inclinazione del suolo, finchè raggiunge la costa del mare.

**31. Le rive d'un fiume** sono le sponde o i margini che racchiudono il letto; e si chiama *riva destra* quella che rimane a destra di chi discende pel fiume seguendone la corrente, e *riva sinistra* l'altra.

**32. Tributarii, affluenti o confluenti** si chiamano quei fiumi e quelle correnti minori, che entrano in un fiume in qualunque punto del suo corso, e lo rendono sempre più ricco d' acqua. Nei fiumi più grandi anche i tributarii sono più considerevoli, e ricevono alla lor volta, lungo il loro corso, degli affluenti secondarii. In conseguenza della tendenza dell'acqua ad accorrere nei luoghi più bassi, i fiumi scorrono nella parte più depressa del fondo della valle, e il loro corso serpeggiante e spesso assai complicato è determinato dalla varia direzione delle valli e delle loro parti. I tributarii scendono per le valli laterali e più strette, che vengono ad incontrare la valle principale sotto angoli molto diversi nei varii casi (1).

**33. Le valli**, sul cui fondo scorrono i fiumi, ricevono ordinariamente il nome stesso del fiume, e frequentemente hanno un'estensione considerevole, misurando talvolta più centinaia od anche qualche migliaio di miglia.

**34. Bacini idrografici.** — Fu dato questo nome a quelle porzioni di paese, le quali, in conseguenza della varia inclinazione delle loro parti, versano tutte le loro acque nei tributarii d'un fiume; ed anche a tutta l' intera estensione della valle principale e delle sue valli laterali (2).

(1) Mentre i Francesi chiamano *rivière* e gli Inglesi *river* ogni grosso fiume, gl'Italiani sogliono chiamare *riviere* i fiumi tributarii. *Confluente* è il luogo ove due fiumi si uniscono e confondono le loro acque. I fiumi sono formati tanto da *torrenti*, che scorrono rapidamente e si gonfiano presto in seguito a pioggie abbondanti od allo sciogliersi delle nevi, ma in certe stagioni lasciano asciutto il loro letto, quanto da *ruscelli*, che sono piccole correnti d'acqua prodotte dalle sorgenti. (*Nota del Trad.*)

(2) Così, per esempio, il Canton Ticino coi dintorni del Lago Maggiore, la Valtellina, il Tirolo meridionale, ecc., sono rispettivamente i bacini del Ticino.

**35. Delta.** — Quando un gran fiume si avvicina alla sua *imboccatura* (o *foce*) nel mare, si vede di solito dividersi e suddividersi in più rami, disposti ad angolo fra loro, che si scaricano nel mare per altrettante foci o bocche. All'insieme di questi rami, come pure al tratto di paese, per lo più affatto orizzontale, che è fra essi compreso, fu dato il nome di *delta*, perchè i due rami estremi e la spiaggia del mare fra le due bocche estreme formano una specie di triangolo, che somiglia fino a un certo punto alla lettera greca Δ, che è chiamata *delta* (1).

**36. Estuarii.** — Le bocche dei fiumi sono spesso situate in luoghi del mare, ove sono molto considerevoli il flusso e il riflusso, così che l'acqua del mare alternativamente entra nel fiume e se ne ritira secondo l'innalzarsi e l'abbassarsi del mare, si mescola all'acqua del fiume, e vi produce una continua agitazione simile a quella del mare stesso. I luoghi ove questo avviene furono chiamati *estuarii*, dalla parola latina *œstus*, che significa appunto l'agitazione sopra descritta.

**37. Fiordi.** — Nella Scozia gli estuarii vengono chiamati *firths* o *friths*, con un vocabolo proprio di quel paese. Così, per esempio, l'estuario del fiume Forth, tra Fifeshire ed Edimburgo, è chiamato *Firth of Forth*.

Questa voce *firth* o *frith* è generalmente creduta proveniente dalla parola latina *fretum*, che significa *stretto di mare*. Ma A. K. Johnston la considera come derivante dalla voce scandinava *fiord*, che ha lo stesso significato (2).

Conoscendo ora i principali termini componenti la nomenclatura geografica, e necessarii per l'intelligenza delle descrizioni, passiamo ad occuparci in particolare dei singoli continenti, delle loro parti, dei loro caratteri e delle loro produzioni.

dell'Adda, dell'Adige ecc.; e tutta quella vasta estensione compresa fra le Alpi, gli Apennini e il mare, che contiene tutti questi bacini particolari e la gran valle del Po, è il gran bacino idrografico di questo fiume. (*Nota del Trad.*)

(1) Il Po, il Nilo, il Gange ed altri fiumi maggiori presentano questa disposizione. (*Nota del Trad.*)

(2) Oltre ai termini accennati nel testo ve ne sono alcuni altri, che meritano d'essere rammentati. Tali sono: *laguna*, per ogni tratto di paese coperto dall'acqua salsa e separato dal mare per mezzo di isole, di dighe naturali *(cordoni littorali)*, ecc.. quali sono quelle di Venezia; *stagno*, per ogni quantità d'acqua meno considerevole d'un lago, con poca profondità e che non si asciuga mai o ben di rado; *palude* per ogni spazio di terra pregno d'acqua stagnante; e *maremma* per qualunque palude che sia lungo il mare e tenuta sempre bagnata, ora dall'acqua dolce ed ora da quella del mare. Le maremme della Toscana e dello Stato Romano sono famose per la *mal'aria*, che toglie la salute ed anche la vita a chi vi fa un troppo lungo soggiorno. (*Nota del Trad.*)

Turchia e Grecia.

## II.

## L'ANTICO CONTINENTE — L'EUROPA

**38. Sua estensione e suoi limiti.** — Questo vastissimo paese ha, come fu già più sopra indicato, una forma oblunga, e la sua massima lunghezza è più che doppia della sua massima larghezza. È compreso fra il 20° grado di longitudine occidentale e il 190° di longitudine orientale, e fra il 35° parallelo australe e il 75° grado di latitudine boreale. Si trova quindi quasi interamente nell'emisfero orientale. Una piccola porzione della parte nord-ovest dell'Africa, che comprende il Marocco, giace nell'emisfero occidentale, e l'estrema parte meridionale dello stesso continente, che termina col capo di Buona Speranza, si trova nell'emisfero australe.

Questa continua estensione di paese consiste, com'è ben noto, di tre parti d'ineguale grandezza, le quali, quantunque non siano interamente separate per mezzo del mare, si considerano come altrettanti continenti. La più piccola d'esse, benchè più importante per il suo carattere sociale e politico, è l'Europa, che occupa la regione nord-ovest del gran continente, ed è separata dall'Africa mediante il mare Mediterraneo, e dall'Asia per mezzo della catena di montagne

detta degli Urali, di un fiume dello stesso nome, del mar Caspio, gran mare interno in cui si scarica quel fiume, della catena montuosa del Caucaso e del mar Nero.

**39. Sue divisioni.** — Se si suppone tutta la superficie di questo gran continente formato da otto parti eguali, l'area dell'Europa comprenderà una di queste parti, l'Africa ne comprenderà tre, e l'Asia le altre quattro.

L'Africa è divisa dall'Europa per mezzo del mar Mediterraneo, e dall'Asia per mezzo di un mare oblungo e diretto da nord-nord-ovest a sud-sud-est, chiamato mar Rosso. Il qual mar Rosso poi comunica mediante lo stretto di Bab-el-Mandeb coll'oceano Indiano, che bagna le coste orientali dell'Africa e le meridionali dell'Asia.

**40. Mediterraneo.** — Il Mediterraneo, il mare più importante della parte occidentale del gran continente, giace appress' a poco nella direzione da est ad ovest, e comunica coll'oceano Atlantico mediante una stretta apertura, posta fra la punta meridionale della penisola iberica e la punta più boreale dell' Africa, e chiamata *stretto di Gibilterra*, da una città dello stesso nome esistente sulla punta spagnuola.

**41. Rilievo.** — Il rilievo della superficie del gran continente è caratterizzato da un'alta zona montuosa, la cui generale direzione è parallela all' asse longitudinale del continente stesso, e va quindi prossimamente da est-nord-est ad ovest-sud-ovest; ma la parte più elevata di questa zona è più vicina alle coste meridionali del continente che alle boreali, e lo divide quindi in due parti diseguali. E per conseguenza anche il declivio che scende verso le coste meridionali è molto più breve e rapido che quello verso le coste settentrionali.

**42. Zona settentrionale.** — La zona settentrionale presenta in generale una superficie piana, che comincia ad occidente colle pianure dell' Olanda e termina a levante coi deserti della Siberia, ed è interrotta soltanto dalla catena degli Urali, che forma il confine tra l'Europa e l' Asia. Eccettuate le parti risanate dall'industria umana e ridotte a coltivazione, che si trovano verso occidente, tutta questa zona è paludosa e insalubre.

**43. Zona meridionale.** — La zona piana e più limitata, che si stende a mezzogiorno della già menzionata zona montuosa, comincia verso ponente col gran deserto di Sahara, e si estende verso levante, con poche interruzioni, a formare l'Arabia, la Persia e l'India, sino alle coste del Kamtschatka.

**44. Principali catene montuose.** — Le varie catene montuose, che combinandosi fra loro formano la grande zona montuosa

del gran continente, cominciano col monte Atlante e coi Pirenei ad occidente, e continuano poi nelle Alpi e in altre catene europee ed asiatiche, nell' Imalaia, nei monti Altai, ecc., fino all'estremo orientale del continente.

**45. Configurazione dell' Europa, molto adatta al commercio.** — Il carattere più importante pel quale l' Europa si distingue dalle altre parti del mondo consiste nei numerosi tratti di mare che vi penetrano e la suddividono in ogni direzione. Nessun' altra estensione di terreno v'ha sul globo che con eguale grandezza presenti siffatto carattere: carattere, al quale, più che al suo clima temperato, deve l' Europa quel predominio sociale, commerciale e politico, ch'essa si ha acquistato e conserva. Per questa abbondanza di mari interni, di laghi, di golfi, di baie e di stretti, la navigazione e con essa il commercio comunicano con tutti i centri di popolazione, e la grande estensione delle coste europee è seminata di città e di borghi, e fornita abbondantemente di porti e di rade, che formano altrettanti emporii pel commercio, e altrettanti centri e sorgenti di forza e di civilizzazione.

**46. Mar Bianco e Baltico.** — Alla sua estremità settentrio nale l' Europa presenta un mare interno assai grande, chiamato mar Bianco; ed al ponente ha un altro mare interno, il Baltico, il quale si ramifica in varie direzioni, formando i golfi di Botnia e di Finlandia, ed è sparso di isole e di penisole assai grandi, che formano un regno molto importante, la Danimarca.

**47. La Svezia e la Norvegia** formano insieme una grande penisola unita al continente per mezzo d'una stretta porzione di paese, e chiusa fra il mare del Nord, che le sta a ponente, e il golfo di Botnia, a levante.

**48. Le isole britanniche**, quasi opposte all'apertura del mar Baltico, ed alla punta nord-ovest della Francia, sono separate dalle coste dell'Olanda e del Belgio mediante il mare Germanico o mare del Nord, e dalla Francia per mezzo della Manica (che gli Inglesi preferiscono chiamare *Canale Inglese*, *English Cannel*) e dello stretto di Calais o di Dover.

Queste isole, insieme con quelle che le circondano, cioè colle isole Shetland, colle Orcadi, colle isole Occidentali (Ebridi), e con quelle di Man e di Anglesea, di Scilly e della Manica, possono considerarsi formare un arcipelago, le cui parti principali sono così intersecate da canali, da baie e da golfi, che la navigazione ne riesce eminentemente favorita, e la nazione britanna è fatta capace d'acquistare e di mantenere quel predominio commerciale e navale, per cui essa fu ed è sempre celebrata.

**49. La Francia**, uno degli Stati più importanti e più potenti del continente europeo, occupa il centro dell'Europa occidentale. Il fiume Reno la divide dalla Germania, la catena del Giura dalla Svizzera, la catena delle Alpi dall' Italia, il Mediterraneo dall'Africa, e la catena dei Pirenei dalla Spagna. Verso ponente la limita l' Atlantico, ed al nord, non essendovi alcun limite naturale ben definito, serve a dividerla dal Belgio una frontiera fissata dietro convenzioni politiche.

**50. Penisola iberica**. — La Spagna e il Portogallo occupano una penisola, la quale è congiunta al continente per mezzo del tratto di paese, che va dal golfo di Biscaglia sull' Atlantico al golfo di Lione sul Mediterraneo, ed è attraversato dalla catena dei Pirenei. Questo tratto di paese, che unisce la penisola al continente, quantunque più stretto della penisola stessa, non è tuttavia così stretto da meritarsi il nome di istmo. Nella geografia generale dell'Europa questa grande estensione di paese occupata dalla Spagna e dal Portogallo è spesso chiamata semplicemente *la Penisola*, senza alcun' altra indicazione.

**51. Italia**. — La parte centrale e meridionale dell'Italia si estende nel mare Mediterraneo colla forma di un tratto oblungo di paese, che verso la sua estremità si piega alquanto, in modo da far quasi un angolo retto col rimanente: e la generale configurazione di tutta l' Italia, dalle Alpi al mare Africano, presenta una certa qual rassomiglianza colla forma di uno stivale.

La parte settentrionale contiene i territorii di Venezia e di Milano, cioè il Veneto e la Lombardia, e gli Stati Sardi di terra ferma.

L' Italia forma quindi un solo tutto, circondato dalla catena delle Alpi a tramontana, dal mare Mediterraneo a ponente ed a mezzogiorno, e dai mari Adriatico ed Jonio a levante; e forma così la *Penisola Italica*.

**52. Sicilia.** — Vicinissima alla punta dello stivale, separata da essa per mezzo del stretto (o Faro) di Messina, e così celebre nelle storie, è fertilissima e assai bella, e presenta fra le sue più rimarchevoli particolarità il vulcano chiamato Etna o Mongibello.

**53. La Grecia** si avanza verso levante nel mare Mediterraneo, ed ha, come l'Italia e la Spagna, la forma di una penisola.

Queste sono le tre penisole, iberica, italica ed ellenica, che erano note anche agli antichi geografi.

**54. Arcipelago.** — Il braccio del Mediterraneo, che si volge al nord, che si estende fra la penisola ellenica e le coste dell'Asia Minore, e che è tutto seminato di isole, è il così detto Arcipelago Greco, antica-

mente mare Egeo, dal quale trassero il nome generico di arcipelago tutti gli altri mari aventi lo stesso carattere.

**55. Dardanelli e Bosforo.** — L' Arcipelago comunica con quel gran mare interno che è chiamato mar Nero o Ponto Eusino, od anche semplicemente Eusino, mediante un braccio di mare, che è formato da due stretti, fra i quali si trova un allargamento a guisa di piccolo mare interno. Lo stretto che si apre direttamente nell'Arcipelago è chiamato *stretto dei Dardanelli,* l' antico *Ellesponto*; quello che s'apre nel mar Nero è detto *il Bosforo;* e quel piccolo mare intermedio ebbe il nome di *mare di Marmara.*

**56. Il mar Nero** è completamente circondato dalla terra, ma comunica per mezzo del Bosforo e dei Dardanelli col mar Egeo e col Mediterraneo, e non può quindi propriamente essere considerato come un lago. La sua acqua è tuttavia molto meno salata di quella dell'Oceano, e quindi gela più frequentemente. La sua profondità presso le coste varia da 24 a 200 piedi, e nel mezzo giunge a più di 1000 piedi.

**57. Mare d'Azof.** — Il mar Nero comunica anche con un piccolo mare interno, denominato mare d'Azof, per mezzo dello stretto di Jenicali. Il tratto di paese circondato dalle acque del mar Nero e del mare d' Azof, e unito col continente per mezzo di un istmo è la Crimea ; e l'istmo è detto di Perekop. Questa penisola ha acquistato in questi ultimi anni una grande importanza per la città e fortezza di Sebastopoli, eretta dai Russi sulla sua estremità meridionale, e in parte distrutta nel 1855 dalle armate alleate della Francia e dell'Inghilterra.

**58. Mar Caspio.** — Nella parte meridionale dei confini fra l' Europa e l' Asia giace un'estensione d' acqua che è propriamente un gran lago, ma che ebbe il nome di mar Caspio. La sua acqua è salata, ma meno di quella dell' Oceano, e in proporzione non è molto copiosa, giacchè la profondità, anche verso il centro del mare, non eccede i 300 passi. Che non vi possa essere una comunicazione immediata e sotterranea col vicino mar Nero, è provato dal fatto che il suo livello è di 82 piedi più basso di quello di quest'ultimo mare (1).

(1) Altrevolte si riteneva di 300 piedi questa differenza di livello fra il Mar Caspio e il Mar Nero; poi fu ridotta a 3 o 4 piedi soltanto; le misure più recenti, fatti per ordine del governo russo, danno appunto la differenza di 80 piedi parigini. (*Nota del Trad.*)

# AGGIUNTA DEL TRADUTTORE

## intorno alla geografia fisica dell'Europa in generale e dell'Italia in particolare.

La descrizione dell'Europa data qui dal nostro Autore è tanto succinta, che crediamo bene aggiungere alcune altre nozioni, affine di dare una idea generale, ma sufficientemente completa dello stato fisico del nostro continente.

L'Europa è bagnata da tre mari distinti, che sono il mar Glaciale Artico, l'Oceano Atlantico e il mare Mediterraneo. Del mar Glaciale fa parte il mar Bianco. Dell'Atlantico sono ramificazioni: il mar Baltico coi golfi di Botnia e di Finlandia, e cogli stretti del Cattegat, del Sund e del grande e del piccolo Belt; il mare del Nord o mare Germanico collo Zuider-see, la Manica, il canale di S. Giorgio e il golfo di Biscaglia o della Guascogna. Al Mediterraneo spettano: lo stretto di Gibilterra, il golfo di Lione, quello di Genova o mare Ligure, il mar Tirreno, il mare Adriatico, il mar Jonio, l'Arcipelago, il mare di Marmara, che è l'antica Propontide, il mar Nero o Ponto Eusino degli antichi, e il mare d'Azof, l'antica Palude Meotide. L'Europa ha il suo punto più settentrionale nel Capo Nord, con cui termina la Scandinavia, il più meridionale nel Capo Tarifa presso Gibilterra, e il più occidentale nel Capo della Rocca a ponente di Lisbona.

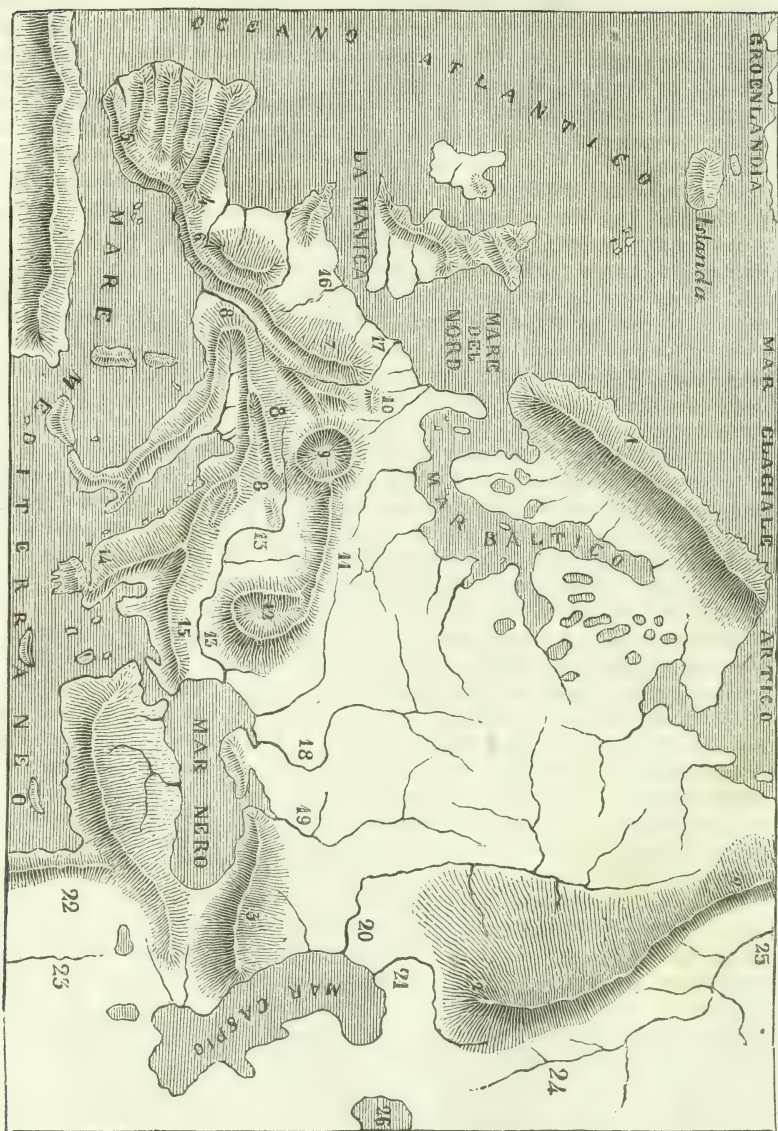
Dalla parte continentale, che ha la forma d'un triangolo, partono molte ramificazioni peninsulari, fra le quali sono più meritevoli di menzione quelle che formano la Lapponia, la Scandinavia (Svezia e Norvegia), lo Jutland (parte della Danimarca), una parte dell'Olanda, la Bretagna o penisola Normanna, la penisola Iberica (Spagna e Portogallo), l'Italia, la Grecia colla Morea, e la Crimea od antica Tauride. La circondano poi molte isole, e fra queste si annoverano specialmente: l'arcipelago di Spitzberg, la Nuova Zembla e l'isola Waigatz nel mar Glaciale; le isole Lofoden lungo le coste della Norvegia; l'Arcipelago Britannico; l'Islanda, famosa pe' suoi vulcani: le isole d'Heligoland, di Texel e di Zelanda nel mare del Nord; nel mar Baltico l'Arcipelago danese (Seeland, Fionia, ecc.), e le isole di Bornholm, Rugen, Aland, Gotland, Abo, Dago, Oesel, ecc.; nel Mediterraneo le isole d'Hyères, la Corsica, la Sardegna, la Sicilia, le isole Lipari, l'Elba, le Baleari, e il gruppo di Malta; nel mar Jonio le isole Jonie (Corfù, Cefalonia, Zante e Cerigo); nell'Adriatico le isole Illiriche; e finalmente nell'Arcipelago Candia, Negroponte, Lemno e le Cicladi.

La superficie dell'Europa si può quasi considerare formata da una grande estensione di basse pianure verso il nord, e da un gruppo di catene montuose, rotte e divise da pianure e da mari, verso mezzogiorno.

**La parte piana**, che ha un'area pressochè doppia dell'altra, comincia verso ponente presso Calais, termina verso levante contro gli Urali e il Caucaso, e da sud a nord ha la sua maggiore estensione fra il mar Nero e il mar Glaciale. In essa sono aperti il mar Baltico coi suoi golfi, il Cattegat e lo Zuider-see, e ad essa fan seguito le penisole della Lapponia, dell'Jutland, dell'Olanda, e della Cri-

mea. Esaminata geologicamente si trova per intero formata da strati orizzontali di materiali, che altre volte fecero parte del fondo del mare, o furono trasportate da potentissime correnti acquee continentali, predominando specialmente i depositi di quest'ultima natura (che dai geologi sono chiamati *diluviali* e *alluvionali*) in Olanda e lungo le spiaggie del Baltico. Presenta molti laghi e grandi fiumi, suo punto culminante è Mosca, e la sua superficie è così ben livellata e senza alcun'altura rimarchevole, che se il livello del mare si alzasse soltanto di mille piedi, quasi tutta quell'estensione di paese ne sarebbe inondata, e la Scandinavia verrebbe trasformata in un'isola. Verso levante e verso sud-ovest è limitata da alte catene montuose, quali sono gli Urali, il Caucaso e le Alpi, ma nelle altre parti va gradatamente abbassandosi da un lato verso il Baltico e il mare del Nord, e dall'altro verso il mar Nero e il mar Caspio, così che frequenti laghi e paludi si trovano presso i mari ora citati, in Olanda, in Germania, nella Russia settentrionale, e nelle provincie verso il mar Caspio e presso il mar Nero.

Le pianure sono ben coltivate e assai produttive nella parte più civilizzata delle regioni occidentale e mediana, e lungo il Baltico; un'altra grande porzione è a pascoli ed a foreste naturali, specialmente nella Polonia e nella Russia, ma estesissime sono tuttavia le parti incolte e quelle affatto paludose. Verso l'estremità orientale dell'Europa la grande pianura assume un carattere speciale di deserto, indicato colla parola *steppa*, che si crede di origine tartara, e che significa un terreno piano, incolto e ignudo d'alberi. Le steppe cominciano al fiume Dnieper, corrono lungo le spiagge del mar Nero, e si estendono poi grandemente nella zona settentrionale dell'Asia. « Ponno attraversarsi centinaia di leghe all'est del Dnieper senza mai variare scena. Un livello perfetto di pastura, non folta ma lussureggiante, confinato soltanto dall'orizzonte, veduto ogni giorno colla stessa monotonia non mai interrotta, affatica l'occhio. Qualche volta vi è l'apparisceenza di un lago, che sparisce nell'avvicinarlo: illusione ottica prodotta dalla rifrazione della luce nell'atmosfera. Cavalli ed armenti senza numero danno qualche vita al paesaggio fintanto che le steppe sono verdi, ma l'inverno viene nell'ottobre, ed allora divengono un campo di neve purissima, senza traccia veruna. Tempeste spaventevoli vi infuriano, e la neve è turbinata dai venti con tal violenza, che nè uomo, nè animale può resistere, mentre il cielo è chiaro, e il sole brilla freddamente splendido al dissopra del tumulto terrestre. La lotta fra la primavera e l'inverno è lunga e dura . . . . . . Ma, allorquando spirano aure più benigne e le acque scorrono in torrenti pei canali che esse solcansi nel suolo molle, si rinverdisce di nuovo la terra. Il sole ardente della state è però nocivo coi suoi effetti per quelle regioni selvatiche, quanto il freddo invernale. Nel mese di giugno le steppe sono abbruciate, non cade pioggia, nemmeno una goccia di rugiada viene a rinfrescare la terra assetata e screpolata. Il sole, al suo levare e al suo tramontare, sembra un globo di fuoco, e durante il giorno è oscurato da folta nebbia, prodotta dalla evaporazione. In alcune stagioni la siccità è eccessiva: l'aria è riempita di polvere impalpabile; seccansi le sorgenti e gli armenti periscono a migliaia. La morte trionfa sopra l'animale e vegetale natura; e la desolazione stampa d'orrenda ruina la scena sino al remoto limite dell'orizzonte. » (Somerville, *Geografia fisica*).

Alla regolarissima superficie della zona piana fanno singolare contrasto le regioni montuose della vicina penisola Scandinava, il cui suolo, partendo dal Baltico, va gradatamente sollevandosi in colline e montagne verso ponente, dove forma lungo le coste un'alta cresta, e cade poi quasi a perpendicolo nel mare, dando origine ad una serie continuata di promontorii, di seni (fiordi), di precipizii, di fenditure, di isole a picco e di scogli. Analoga struttura si trova nel

Catene montuose, pianure e fiumi principali dell' Europa.

## SPIEGAZIONE DELLA CARTA DELL'EUROPA.

La Carta d'Europa collocata qui di fronte, e che non esiste nelle altre edizioni di quest'opera, è una riduzione di quella contenuta nel così detto *Atlante pel Cosmos* (*Atlas zur Physik der Welt, Atlas zum Kosmos*) pubblicato in tedesco da Bromme a Stoccarda, come complemento del *Cosmos* di Humboldt.

In essa i mari e i laghi sono indicati dai tratteggi orizzontali, le catene montuose, le loro ramificazioni e gli altipiani sono rappresentati da tratteggi più o meno oscuri e in diverse direzioni, e le parti affatto piane e basse sono lasciate in bianco. Si sono disegnati soltanto i fiumi principali, ed ai nomi delle catene montuose e dei fiumi più importanti si sono sostituiti dei numeri per non rendere troppa complicata la figura.

La spiegazione dei numeri è la seguente:

1. *Alpi scandinave, nella Svezia, e Norvegia.*
2. *Monti Urali, fra la Russia Europea e la Siberia.*
3. *Caucaso, dal mar Nero al mar Caspio.*
4. *Pirenei, tra la Francia e la Spagna.*
5. *Sierra Nevada, nella Spagna meridionale.*
6. *Cevenne, fra la valle del Rodano e il centro vulcanico della Francia.*
7. *Monti Vogesi, fra la valle del Reno e il bacino della Senna.*
8. *Catena delle Alpi, fra l'Italia e l'Europa centrale.*
9. *Altipiano boemo, circondato da catene montuose, e nel quale ha origine il fiume Elba.*
10. *Gruppo montuoso dell'Harz.*
11. *Catena dei Carpazii, fra l'Ungheria e la Galizia.*
12. *Altipiano transilvano, circondato di montagne.*
13. *Pianure del bacino del Danubio, in Ungheria e nei Principati Danubiani.*
14. *Catena del Pindo, in Turchia e in Grecia.*
15. *Catena dei Balcan, fra la Bulgaria e la Rumelia.*
16. *Bacino della Senna, in Francia.*
17. *Foce del Reno, nel mare del Nord.*
18. *Dnieper.* }
19. *Don.* . } *Fiumi che vengono dai Carpazii, dagli Urali e dalla pianura*
20. *Volga.* . } *russa, e mettono nel mar Nero e nel mar Caspio.*
21. *Ural.* . }
22. *Eufrate.* }
23. *Tigri.* . } *Nella Turchia asiatica.*
24. *Tobol.* . }
25. *Obi.* . } *In Siberia.*
26. *Lago Aral, in Asia, all'est del mar Caspio.*

**NB.** Ci siamo accorti troppo tardi d'alcuni sbagli incorsi nell'incisione di questa carta. Così, per esempio, non vi si vede il fiume Elba escire dall'altipiano boemo, e manca affatto la linea rappresentante il corso dell'Eufrate. Per questi sbagli, a cui ora non possiamo porre rimedio, ci raccomandiamo all'indulgenza dei lettori.

suolo della Scozia, delle isole vicine, e fin nella Groenlandia, che sono altrettante terre formate, come la penisola Scandinava, di rocce granitiche, di serizzi, e di altre rocce analoghe, mentre nelle parti piane delle isole della Gran Bretagna il suolo è spesso assai fertile e ben coltivato, e contiene nel suo seno estesissimi depositi di carbon fossile e di minerali di ferro, e le isole Feroe e tutta l'Islanda si mostrano formate di prodotti vulcanici simili a quelli che nella stessa Islanda sono anche attualmente rigettati dalle bocche ignivome dell'Ecla e di altri monti analoghi.

**La zona alta o montuosa** comincia a libeccio (sud-ovest) della gran zona piana, copre una vasta estensione triangolare fra questa zona e il Mediterraneo, e manda delle ramificazioni nelle penisole della Spagna, dell'Italia e della Grecia.

La penisola Iberica consiste principalmente in un altipiano attraversato da varie catene di monti collegate con quella dei Pirenei. Questi ultimi hanno un'altezza media di 8000 piedi, quantunque il loro punto culminante, il picco della Maladetta o Nethou, si innalzi a più di 11000 piedi, hanno molte sommità sempre coperte di neve, ed anche parecchi ghiacciai, ma non così estesi come quelli delle Alpi, e specialmente verso la Francia hanno forme così frastagliate da raffigurare quasi i denti d'una sega. Questo carattere però, insieme colle profonde squarciature, percorse da torrenti e da fiumi, si ritrova anche nelle altre catene montuose della Spagna, e da esso venne appunto il nome di *sierra*, dato a quelle montagne che più palesemente lo mostrano. Ai Pirenei fan seguito verso ponente le montagne Cantabriche, ed altre, che attraversano la Cantabria, le Asturie e la Galizia, e terminano repentinamente verso l'Atlantico. La Sierra Nevada scorre invece lungo la costa che guarda l'Africa, è assai elevata, poco meno delle Alpi, benchè brevissima. Fra questa e le catene prima accennate scorrono le montagne Iberiche parallelamente alle coste che guardano le isole Baleari, la catena castigliana della Guadarrama, la sierra di Toledo, la sierra Morena, così chiamata pel color fosco delle sue foreste di quercie, ed alcune altre, lasciando fra loro due sole pianure alquanto estese, quella dell' Andalusia e quella d'Arragona, e i due altipiani della vecchia e della nuova Castiglia, per cui scendono al mare Atlantico il Duero, il Tago, la Guadiana, il Guadalquivir, ed al Mediterraneo l' Ebro e varii fiumi minori. Gli altipiani sono monotoni, poveri d' alberi e simili a steppe, ma in molti luoghi producono in abbondanza frumento, vino e pascoli; e in generale il suolo è più produttivo nel Portogallo, e le coste hanno una vegetazione lussureggiante e semitropicale.

L' ammasso di terra alta si prolunga attraverso i Pirenei fin al centro della Francia, dove costituisce la grande piattaforma dell' Alvernia, che pei suoi monti conici, pei suoi crateri, per le sue correnti di lava, e per altri caratteri di tal fatta si riconosce essere un' ampia regione di vulcani estinti. Le Cevenne, le montagne del Forez, del Lionese e della costa d'Oro, e gli altipiani del Limosino, del Borbonese, ecc. circondano questo centro vulcanico, e separano le pianure e i bacini della Garonna, della Loira e della Senna, che mettono nell'Atlantico, dal Rodano, che scorre dapprima fra le Alpi e poscia in una larga pianura alluvionale, per terminare con più bocche nel Mediterraneo.

La parte più elevata della zona montuosa si trova là dove sono le Alpi, le quali si stendono ampiamente dal mare Ligure sino alle alte pianure della Germania, a Vienna, all'Ungheria ed alla Dalmazia, in modo da dividere l'Italia dal restante d'Europa e da potersi dividere in tre parti principali, cioè in occidentali, dal mare Ligure al monte Bianco, centrali dal monte Bianco al Pizzo dei tre Signori, ed orientali, da questo pizzo sino alla valle del Danubio presso Vienna ed ai

monti della Dalmazia. Lo spazio da esse occupato riesce quindi di forma triangolare, con un angolo verso ponente, e col lato opposto situato fra Vienna e il mare Adriatico.

La strettissima valle del Rodano separa le Alpi occidentali dalla catena del Giura, che divide la Francia dalla Svizzera, e che si continua verso settentrione in due serie di montagne, le quali comprendono fra loro la valle del Reno e scorrono parallelamente a questa valle. Quella a ponente, in Francia, forma i monti Vogesi, ai quali fanno poi seguito verso nord-ovest le Ardenne e verso nord l'Hundsrück, e l'Eifel, montagne ricchissime di carbon fossile; quella a levante del Reno, in Germania, è formata dalla Selva Nera (Schwarzwald) coll'Odenwald.

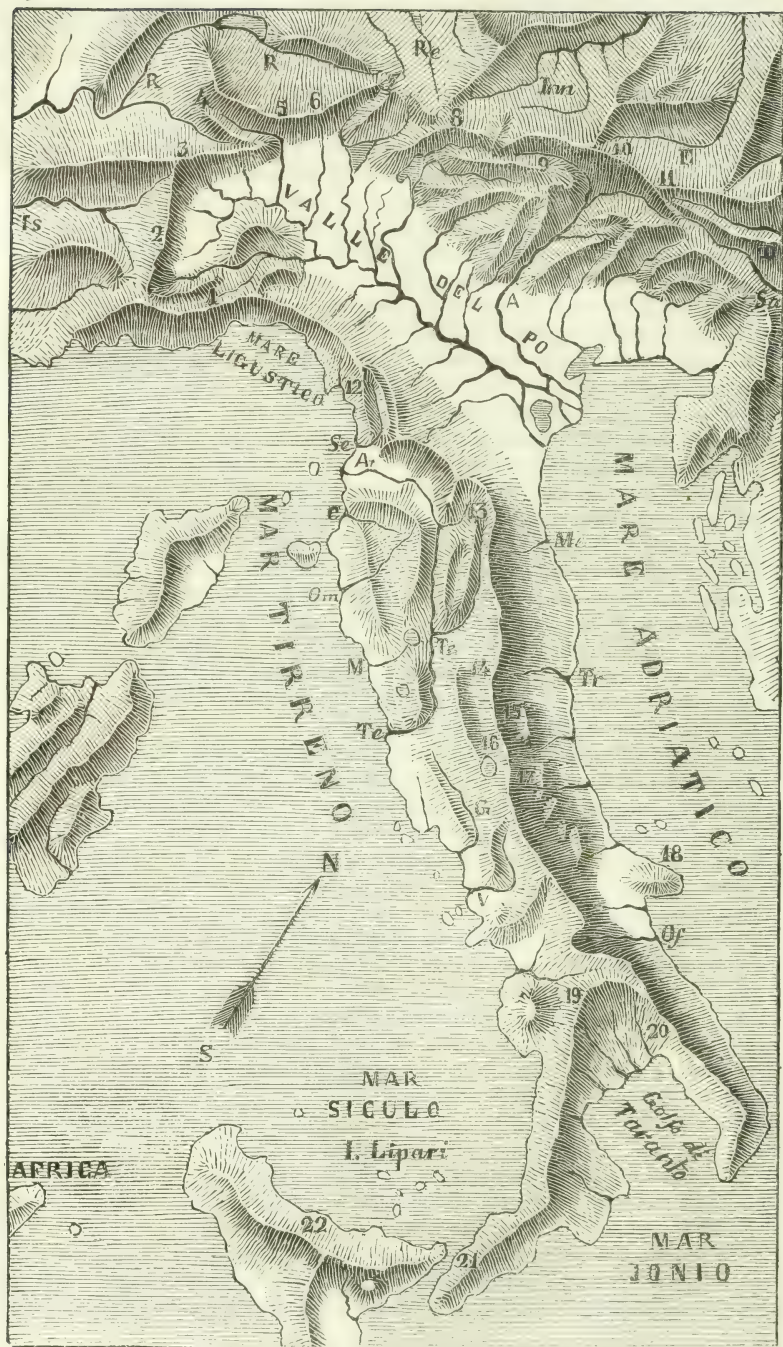
Fra le Alpi e quest'ultime catene montuose trovasi dapprima l'altipiano dell'alto Danubio, sul quale trovansi Monaco ed Augusta (Augsburg), poi una catena montuosa formata dalle Alpi del Würtemberg (Rauhe Alpen) e da quelle della Baviera o della Franconia, e finalmente un secondo altipiano, sul quale sorge Stoccarda o Stuttgart.

A levante di questa regione v'ha l'altipiano boemo, assai ricco di rocce granitiche e cristalline e di minerali, e circondato interamente da catene montuose della stessa natura, fra le quali si distinguono specialmente le montagne del Böhmerwald e del Bayerwald, i Sudeti (che comprendono le montagne dei Giganti o Riesengebirge) e l'Erzgebirge; e in esso ha origine il fiume Elba, che ne esce per una valle strettissima, dirigendosi verso tramontana.

Finalmente, la parte della Germania montuosa che sta verso nord-ovest, e che è limitata dai fiumi Meno ed Elba e dalla pianura che scende al Baltico, comprendendo la Sassonia, parte della Prussia e varii Stati minori, conta fra le montagne della sua parte meridionale quelle denominate Fichtelgebirge, Frankenwald, Thüringerwald, Taunus, ecc., e nella sua parte settentrionale parecchi altri gruppi montuosi, fra i quali è da citarsi specialmente l'Harz, celebre per la sua ricchezza in minerali metalliferi e di molte altre specie.

Colle Alpi e coi monti boemi sono collegati verso levante i monti dei Baconi in Ungheria, e le catene del Tatra e dei Carpazii, che circondano questo paese e si continuano poscia nelle Alpi Transilvaniche e in altre montagne dalle quali è circondato l'altipiano della Transilvania.

Da questa intricata rete di catene montuose che occupa l'Europa centrale discendono parecchi fiumi, che scorrono poscia per le pianure circostanti, prima di sboccare nel mare. Tali sono: il Rodano, che mette nel Mediterraneo, il Reno, il Weser, l'Elba, l'Oder e la Vistola, che sboccano nel mare del Nord e nel Baltico, il Dnieper, il Bug, il Dniester, il Prut e il Danubio, che vanno al mar Nero, e il Po, che termina nell'Adriatico.

Alle Alpi orientali fanno seguito, verso levante, le Alpi Dalmatine o Dinariche, le Alpi Bosniche e Serbe, e le catene dell'Argentaro e del Pindo, che scorrono verso mezzogiorno sin nella Grecia, la cui ossatura montuosa è detta il Pentadattilo da quella forma frastagliata che la caratterizza, ed ha il suo ultimo termine nel Capo Matapan. Da queste catene si dirama poi verso levante, attraverso la Turchia, la catena del Balcan o dell'Emo, nel cui centro trovasi la città di Sofia, e le cui pendici meridionali formano gli altipiani della Macedonia e della Rumelia, e vanno gradatamente abbassandosi verso l'Arcipelago e verso il mare di Marmara, dando origine ad alte coste frastagliate, a profondi golfi ed a lunghe liste di terreno sporgenti a guisa di promontorii. Due grandi e distinte pianure sono comprese fra queste catene montuose dell'Europa orientale e meridionale, e sono la bassa Ungheria e la regione bassa dei Principati Danubiani, ambedue per-

Sistemi montuosi e fiumi dell'Italia.

## SPIEGAZIONE DELLA CARTA DELL'ITALIA.

Questa carta, disegnata come quella dell'Europa, è destinata a rappresentare le parti montuose, le pianure e i principali fiumi dell'Italia.

Ecco la spiegazione dei numeri e delle lettere:

### MONTI E COLLI.

1. *Colle di Tenda, fra la Riviera di ponente e la valle del Po.*
2. *Monte Viso, ove ha origine il Po; tra il Piemonte e la Francia.*
3. *Monte Cenisio.* } *Fra il Piemonte e la Savoia.*
4. *Monte Bianco.* }
5. *Monte Rosa. .* } *Tra il Piemonte e il Vallese.*
6. *Sempione. . .* }
7. *S. Gottardo, tra la valle del Ticino e quella della Reuss.*
8. *Spluga, tra il bacino dell'Adda e le fonti del Reno.*
9. *Stelvio, fra le origini dell'Adda e il bacino dell'Adige.*
10. *Brenner, fra il bacino dell'Adige e quello dell'Inn.*
11. *Grossglokner, fra l'origine della Salza e quella della Drava, là dove vengano a toccarsi il Tirolo, l'Arciducato d'Austria e l'Illiria.*
12. *Alpi Apuane, nella Lunigiana e Garfagnana, fra Lucca, Carrara e l'Apennino.*
13. *Origini dell'Arno e del Tevere, fra i monti del Prato Magno, del Mugello, della Falterona, del Casentino e l'Alpe della Luna.*
14. *Monte della Sibilla, monte Vettore e Pizzo di Sivo, presso i confini fra l'Abruzzo nel Regno di Napoli e la Sabina nello Stato Pontificio.*
15. *Gran Sasso d'Italia o Monte Corno.* } *Negli Abruzzi.*
16. *Monte Velino. . . . . . . . .* }
17. *Montagne della Maiella. . . . .* }
18. *Monte Gargano.*
19. *Monti della Maddalena, fra la Basilicata e il Principato Citra.*
20. *Le Murgie, nella Puglia.*
21. *Aspromonte, nella Calabria ulteriore.*
22. *Le Madonie, in Sicilia.*

### FIUMI.

R. *Rodano, che nasce nel Vallese, e termina nel Mediterraneo.*
Is. *Isère, dalle Alpi al Rodano.*
Re. *Reno, dalle Alpi al mare del Nord.*
Inn. *Inn.* } *Dalle Alpi al Danubio.*
E. *Enns.* }
D. *Drava.* }
Sa. *Sava.* }
A. *Adige, dalle Alpi all'Adriatico.*
Se. *Foce del Serio, che scende dagli Apennini e dalle Alpi Apuane.*
Ar. *Arno, dagli Apennini centrali. . . . . . .* } *Al mare Mediterraneo.*
C. *Cècina, dai monti di Gerfalco e Montieri. .* }
Om. *Ombrone, dai monti fra Siena e Radicofani. .* }
M. *Marta, dal lago di Bolsena. . . . . . .* }
Te. *Tevere. .* } *Dagli Apennini centrali. . .* }
G. *Garigliano.* } }
V. *Volturno. .* } }
Me. *Metauro. .* } *Dagli Apennini centrali all'Adriatico.*
Tr. *Tronto. .* }
Of. *Ofanto. .* }

corse dal Danubio, ed ambedue ricche di terreni fertili, ma sparse anche di paludi inabitabili in certe stagioni. Ed] un solo fiume importante per la sua grandezza, il Danubio, riceve le acque dalle catene montuose e dalle pianure ora descritte.

**Italia.** — Ci riserbammo di terminare questi cenni con una breve descrizione fisica dell'Italia, ma per occuparcene un po' più particolarmente che degli altri paesi. Le carte topografiche speciali publicate dall' Istituto geografico militare di Torino pel Piemonte, da quello di Vienna per il Lombardo-Veneto, i Ducati, la Toscana e gli Stati Pontificii, e dal generale Della Marmora per la Sardegna, e la carta generale dell'Italia publicata dal Cerri a Vienna e poi ceduta alla Casa Artaria della stessa città, sono le migliori che conosciamo, e le raccomandiamo quindi a coloro che vogliono studiare più completamente il nostro paese.

Compresa fra i gradi 36 e 47 di latitudine boreale, e fra i gradi 4, 15′ e 16, 15′ di longitudine orientale dal meridiano di Parigi, separata dagli altri paesi d' Europa per mezzo delle Alpi e del mare, e percorsa in tutta la sua lunghezza dagli Apennini, l'Italia ha una superficie di circa 100,000 miglia quadrate italiane, la massima lunghezza di circa 625 miglia, e la massima larghezza di 325 miglia nella parte continentale, e di 125 miglia nella peninsulare.

**Le Alpi** che circondano la sua parte continentale hanno una lunghezza totale di 1200 miglia, e la larghezza variabile dalle 75 alle 180 miglia, cosicchè la superficie loro può valutarsi di circa 45,000 miglia quadrate. Le occidentali, dal colle di Tenda presso al mar Ligure sino al monte Bianco, comprendono: le Alpi Marittime dal colle di Tenda sino al monte Viso, le Alpi Cozie dal monte Viso al Cenisio, le Alpi Graie dal Cenisio al monte Bianco; le loro più elevate sommità non si elevano a più di 12,600 piedi. Le Alpi centrali, dal monte Bianco al Pizzo dei Tre Signori (Drei-Herren-Spitz), si chiamano Alpi Pennine fino al monte Rosa, Alpi Lepontine o Elvetiche dal monte Rosa al S. Bernardino, ed Alpi Retiche da questo monte sino al Pizzo dei Tre Signori; i loro punti culminanti si elevano sin quasi a 15,000 piedi, essendo alto il monte Bianco 14,800 piedi, il monte Rosa 14,200, la Cima di Jazi 12,900 ecc., così che riescono queste le montagne più elevate dell'Europa. Finalmente, le Alpi orientali si dicono Alpi Noriche dal Pizzo dei Tre Signori sino al monte Gross-Glokner, alto 11,900 piedi, Alpi Carniche da questo monte sino al colle di Tarvis, ed Alpi Giulie da questo colle sin alla città di Fiume sul mare Adriatico. I punti culminanti di quest'ultime Alpi non sorpassano di molto l'altezza di 9,000 piedi; e quindi l'altezza delle Alpi va crescendo dal colle di Tenda sin al monte Bianco, e di là diminuisce gradatamente verso levante, sino all'Adriatico. Nessuna ramificazione, o, come dicono i geologi, nessun contrafforte rimarchevole si stacca dalle Alpi occidentali; parecchie ne hanno invece verso l'Italia le Alpi centrali e le orientali, e più ancora verso la Germania, essendo in generale più rapido il pendio delle valli verso l'Italia che verso tramontana. Dalla parte della Carniola sono poi degni di rimarco molti rialti di natura calcarea, rotti da profondi burroni, e forati da immense caverne, e colle valli spesso chiuse da ogni parte, così che ruscelli e fiumi vi s'inabissano nelle caverne e per sotterranei condotti vanno ad alimentare altri fiumi od al mare.

Molti sono i passi o colli pei quali si valicano le Alpi, e la loro altezza varia con quella delle montagne fra le quali si trovano. Il colle di Tenda, nelle Alpi marittime, fra Cuneo e la Riviera di Ponente, si innalza a 5,600 piedi; il passo del monte Ginevra, fra Susa e Briançon, s' innalza a 6,100 piedi; quello del Cenisio, fra Susa e la Savoia, a 6,400 piedi; quello del piccolo san Bernardo, fra Aosta e la Savoia, a 6,700; quello del gran san Bernardo, fra la stessa città e il Vallese,

a 7,700 piedi; il Sempione, fra la Valle della Toce (che passa per Domodossola e mette nel Lago Maggiore) e il Vallese, a 6,200; il passo del san Gottardo, fra Bellinzona nella Valle del Ticino e Lucerna nel bacino della Reuss, a 6,500; quello del san Bernardino fra Bellinzona e le fonti del Reno, a 6000; lo Spluga, fra Chiavenna al nord del Lago di Como e Splügen nella Valle del Reno a 6500; il giogo dello Stelvio, fra Bormio nella Valtellina o Valle dell' Adda e Glurns nel bacino dell'Adige, a 7,500, per cui è il passo carreggiabile più elevato che si trovi in Europa; il passo del Brenner o Brennero in Tirolo, fra Sterzing nella Valle dell'Adige e Innsbruck in quella dell'Inn, a 4,300; quello del monte Croce fra la Valle del Bul nel Friuli, che mette presso Tolmezzo nel Tagliamento, e quella del Gail in Carinzia, che mette nella Drava, a 5,100; quello di Seiffnitz presso Tarvis, fra la Valle del Tagliamento e quella della Drava, a 2,700: e finalmente il passo di Adelsberg, fra l'Istria e la Carniola, a 2,000 piedi.

**Apennini e catena metallifera.** Gli Apennini si staccano dalle Alpi marittime al colle di Tenda, scorrono lungo il mar Ligure e poi per tutta la penisola, formandone come la spina, fino all'estremo limite della Calabria, sopra una linea di 600 miglia.

La catena apenninica si divide in Apennino settentrionale, centrale e meridionale. L'Apennino settentrionale o Ligure va dal colle di Tenda a quello della Cisa in Lunigiana, con un'elevazione media di 2,500 a 5,000 piedi, molto scosceso e spesso anzi a picco verso il mare, ma con un pendio assai dolce verso la valle del Po, formandovi le colline del Monferrato, del Piacentino e del Parmigiano. L' Apennino centrale o Etrusco-Umbro, si prolunga da nord-ovest a sud-est, dal colle della Cisa sino al Cervialto in Basilicata, dapprima convesso verso l' Adriatico, e poi verso il Mediterraneo, manda moltissime ramificazioni, specialmente verso il Mediterraneo, formando così varie catene montuose poco elevate, che attraversano la Toscana e gli Stati della Chiesa, ed innalzasi a maggiore altezza che l'Apennino settentrionale, avendo i suoi punti culminanti nel monte Velino (al sud di Aquila), di 7,882 piedi, nel monte Corno o gran Sasso d' Italia (al nord d'Aquila), di 8,900 piedi, e nel Maiella (all' est di Solmona), di 8,800, tutti negli Abruzzi.

La Toscana, oltre alla catena principale apenninica ed alle sue ramificazioni minori, ha un'altra serie di montagne, assai distinta dalla prima tanto per la sua direzione quanto per la sua natura geologica, avvicinandosi maggiormente alla direzione del meridiano, e contenendo rocce antichissime che non si trovano negli Apennini, marmi e filoni abbondantissimi di rame, di cinabro, di piombo e di altri metalli. Questa serie di montagne fu detta appunto formare la così detta *catena metallifera,* scorre lungo il littorale, e comincia colle Alpi Apuane, che s'innalzano rapidamente con alte cime (Pizzo d'Uccello, monte Altissimo, ed altri, che giungono fino a 5000, 4000 ed anche a 6000 piedi d'altezza), con valli strettissime, con profondi burroni e con fianchi assai scoscesi e spesso a picco, fra gli Apennini della Lunigiana e Lucca, e contengono le cave di marmo per le quali sono celebri Carrara e Pietrasanta. I monti Pisani, che s' innalzano rapidamente come un' isola dalla pianura orizzontale dell' Arno e del Serchio, fra Lucca e Pisa, e varii altri gruppi di monti, cioè la montagnola Senese, i monti di Campiglia, di Massa marittima, di Montieri e Gerfalco, di Gavorrano, il monte Orsaio, e quelli di Cetona, di Capalbio, e del promontorio Argentale, che sono in generale ricchi di filoni metalliferi, appartengono a questa catena, con cui sono forse collegati anche i soffioni di vapore acqueo, molte sorgenti di acque minerali, e le rocce vulcaniche di Radicofani e del monte Amiata.

Sistemi montuosi e fiumi della Toscana.

L'Apennino meridionale consta di due catene principali, che si allontanano l'una dall'altra lasciando fra loro la pianura che termina al golfo di Taranto. L'una di esse, più umile, si dirige verso sud-est, forma dei gruppi di collinette non più alte di 1,200 piedi, denominate le Murgie, e termina al Capo di Santa Maria di Leuca. L'altra forma l'ossatura delle Calabrie, ed è in generale molto aspra, formata qua e là di graniti, di serizzi e di altre rocce analoghe a quelle delle Alpi, ma fra il golfo di Squillace e quello di Santa Eufemia si abbassa a tal punto, che se il mare si alzasse di poco sul livello attuale, la soverchierebbe, e trasformerebbe in un'isola l'estrema Calabria.

Alcuni gruppi montuosi, altre volte separati a guisa di isole, ed ora uniti alla terra ferma per mezzo di interrimenti portati dai fiumi od accumulati dal mare istesso, formano i promontorii di Populonia, del Monte Argentale, del Monte Circello, del capo Miseno, del monte Gargano, ed altri minori. Questi gruppi montuosi isolati ed alcune basse catene che scorrono lungo il littorale del Mediterraneo nello Stato di Roma e in quello di Napoli compiono la rete de'monti che

fanno ineguale la superficie dell'Italia, e che lasciano fra loro stessi, o fra loro e il mare, poche pianure molto estese, quali sono la gran valle del Po, quella dell'Arno, le maremme toscane e romane, alcune parti dell'alta valle del Tevere, i dintorni di Napoli, la pianura fra il Monte Gargano e gli Apennini, e quella che si apre sul golfo di Taranto.

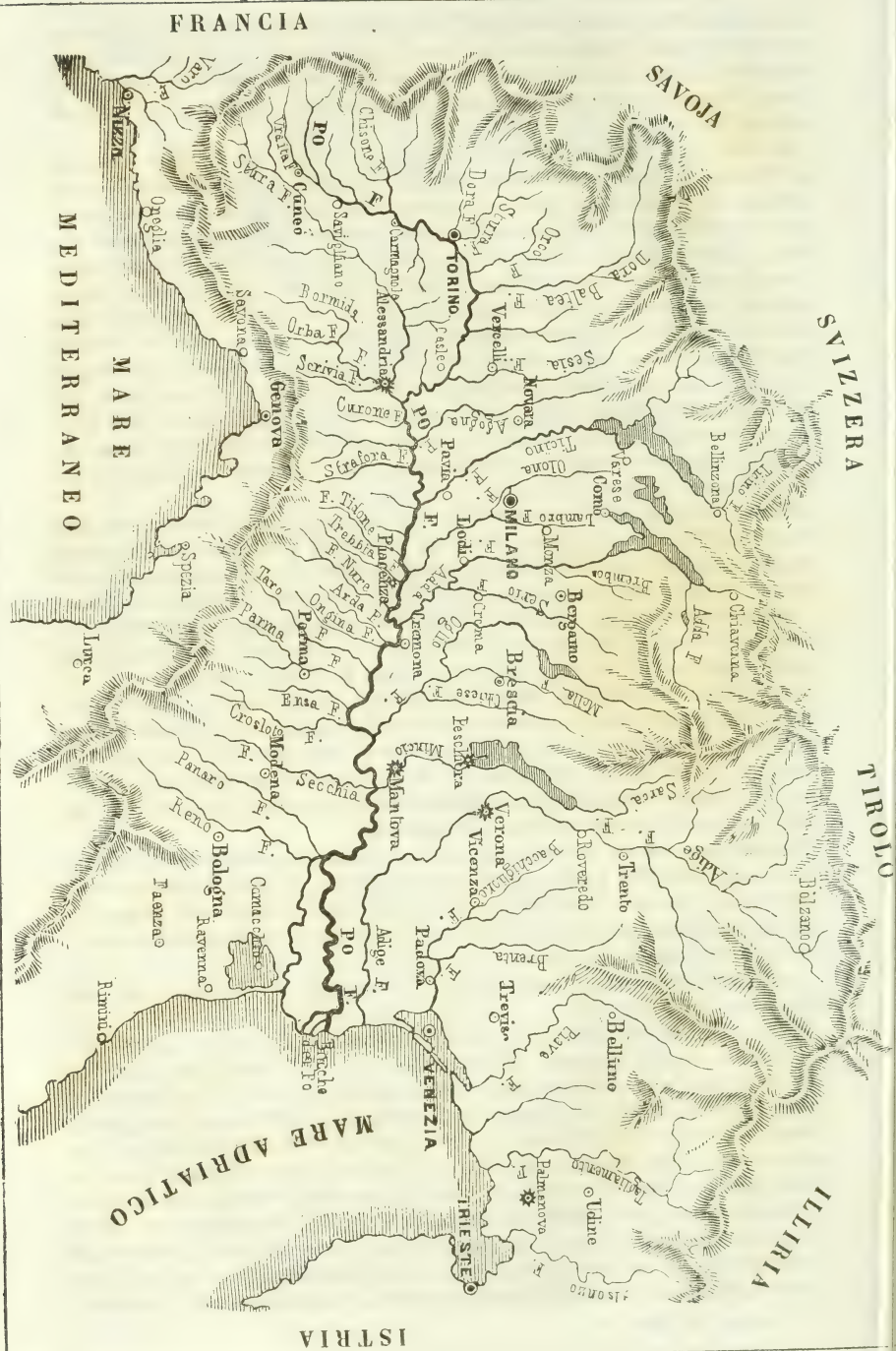
La Sicilia è un altipiano percorso da parecchie catene, fra le quali meritano specialmente di essere accennate le Madonie, parallele al littorale settentrionale dell'isola, e che sembrano quasi una continuazione degli Apennini della Calabria; così che la Sicilia può essere considerata come una terra altre volte unita colla Calabria, ma poi staccata a forza, per opera delle forze sotterranee, che produssero lo stretto di Messina. Nella Sardegna e nella Corsica, che probabilmente furono anch'esse unite insieme in altri tempi, ma che ora sono separate per mezzo dello stretto di Bonifacio, le catene montuose hanno per lo più una direzione parallela al meridiano. L'isola d'Elba, celebre per alcune sue montagne interamente formate di minerali di ferro, presenta diverse catene montuose, una delle quali spetta alla catena metallifera toscana. Nelle isole Lipari od Eolie, come nel Vesuvio e nell'Etna, sono ancora attive le forze vulcaniche, mentre sono affatto spente nel Vicentino, nei colli Euganei (fra Padova e il Mantovano), nella Campagna di Roma, e nei Campi Flegrei, a ponente di Napoli.

**Fiumi e Laghi.** — Le pioggie e le nevi che cadono sul suolo italiano e sulle Alpi formano molti fiumi importanti. Dalle Alpi piemontesi e lombarde, dall'Apennino settentrionale e dall'Apennino della Romagna scendono le acque che formano il Po; dalle Alpi tirolesi e venete hanno origine l'Adige, il Brenta, la Piave, la Livenza, il Tagliamento e l'Isonzo, i quali tutti, come il Po, vanno a sboccare nell'Adriatico; e dall'altro versante discendono verso la Francia e la Germania il Rodano, il Reno, e molti tributarii del Danubio, quali sono l' Inn, la Drava, la Sava, ecc.

Il bacino del Po, compreso dunque fra le Alpi e gli Apennini, è formato dalle valli di queste due catene montuose e dalla vastissima pianura che si estende con una lievissima pendenza da Cuneo e da Torino sino al mare Adriatico, interrotta soltanto dalle colline di San Colombano fra Pavia e Lodi, e dai colli Berici ed Euganei fra Vicenza e Padova, e così depressa, là dove giunge al mare, da dare origine alle ampie lagune di Venezia e di Comacchio.

L'intero corso del Po, dalle sue sorgenti nel monte Viso, a 5900 piedi d'altezza, fino al mare, è di 350 miglia, e presso la fine il fiume si divide in due rami maggiori e in altri minori, formando un vero delta, che va gradatamente ingrandendosi ogni anno, per le materie terrose che il fiume stesso porta continuamente al mare e depone presso le sue foci.

I tributarii che il Po riceve dalle Alpi sono in generale più importanti che quelli che vengono dagli Apennini.

Scendendo dalle Alpi mettono in fatti nel Po per la riva sinistra: presso Torino la Dora Riparia, che viene dal Monte Ginevra e dal Cenisio per la Valle di Susa, e la Stura, che viene dal pizzo Melone; presso Chivasso l'Orco; presso Crescentino la Dora Baltea, dal Monte Bianco per la Valle d'Aosta ed Ivrea; presso Casale la Sesia, dal monte Rosa per Vercelli; presso Pavia il Ticino, dal San Gottardo, e per il Lago Maggiore; fra Pavia e Cremona l'Olona e il Lambro, dal Varesotto e dalla Vallassina; presso Cremona l'Adda, dalla Valtellina per il lago di Como e di Lecco, colle acque del Brembo e del Serio, dal Bergamasco; presso Borgoforte l'Oglio e il Chiese, dal Bresciano; e presso Mantova il Mincio, dal Tirolo, pel lago di Garda. — L'Adige, che ha le sue origini in molte valli del Tirolo e passa per Verona; il Bacchiglione e il Brenta, che vengono dal Vicentino, e

Sistema idrografico del Po.

dopo uniti passano per Padova; il Piave, che scende dal Cadore e dal Bellunese; e finalmente il Tagliamento e l'Isonzo, che raccolgono le acque del Friuli, sboccano con altrettante foci direttamente nell'Adriatico. Per la riva destra il Po riceve presso Valenza il Tànaro, che viene dagli Apennini intorno a Ceva e raccoglie anche le acque dello Stura, della Bormida e della Scrivia; e di là sino al mare riceve molti fiumi minori e torrenti di breve corso, fra i quali sono più degni di rimarco: la Trebbia presso Piacenza, il Taro, la Parma, che passa per la città dello stesso nome, l'Ensa, confine fra il Parmigiano e il Modenese, il Crostolo, che bagna Guastalla, la Secchia e il Panàro, fra i quali sta Modena, e il Reno, che scorre presso Bologna.

Pochi sono all'incontro i fiumi di qualche lunghezza e ricchi d'acqua nell'Italia peninsulare, perchè quasi tutti i fiumi vi scendono dall'Apennino al mare in direzione perpendicolare alle coste, e quindi non hanno un lungo cammino a percorrere.

Le Alpi marittime danno origine al Varo, che in una sua parte segna il confine fra l'Italia e la Francia; gli Apennini liguri alla Roia, alla Taggia, al Bisagno e ad altri fiumicelli e torrenti, che sboccano nel mare in varii punti delle due Riviere di Genova; gli Apennini settentrionali alla Magra, che passa per Sarzana, ed al Serchio, che passa vicino a Lucca; i monti di Gerfalco e Montieri, fra Volterra, Siena e Massa Marittima, alla Cècina; i monti fra Siena e Radicofani all'Ombrone, che serpeggia pigro e malsano per la trista pianura Massetana; i fianchi vulcanici del monte Amiata alla Fiora e all'Albegna, dapprima fresche e limpide, ma paludose e corrotte nella Maremma; il Lago di Bolsena ha per emissario la Marta; dal monte Velino, nell'Abruzzo, al nord del Lago Fucino, nasce il Liri o Garigliano, e sbocca nel mare presso Gaeta, dopo avere attraversato la Campania parallelamente al Volturno, che percorre le fertili contrade di Capua e di Terra di Lavoro; dai monti della Maddalena, fra Potenza e Lagonegro, e dagli Apennini circostanti scende il Sele, che termina nel golfo di Salerno, dopo avere percorsa la pianura degli antichi Picentini; e il resto del versante occidentale degli Apennini sino all'estremo della Calabria è così ripido da non presentare alcun fiume ragguardevole. I bacini idrografici che abbiano molta estensione in tutto il versante occidentale degli Apennini sono quindi due soli, quello dell'Arno e quello del Tevere.

I monti del Prato Magno, del Mugello, della Falterona, del Casentino e l'Alpe della Luna, che formano quasi una mezza elisse intorno a Bibbiena ed a Borgo San Sepolcro, comprendono le origini dell'Arno e del Tevere, separate in due bacini distinti per mezzo dell'Alpe di Catenaia, che sta appunto fra il primo di quei luoghi e il secondo. Sceso così l'Arno verso mezzogiorno sin presso Arezzo, gira attorno ai monti di Prato Magno, prendendo un corso parallelo e inverso al primo, e scorrendo fra colline di argilla e di sabbia facilissime a corrodersi, nel centro di un'ampia valle compresa fra i già accennati monti di Prato Magno e quelli del Chianti. Questa è la valle d'Arno (o il Valdarno) superiore, che comunica col mezzo di un canale artificiale colla Val di Chiana; e le suaccennate colline argillose e sabbiose contengono abbondantissimi ossami di elefanti, mastodonti, rinoceronti ed altri animali analoghi, che altre volte abitavano i monti circostanti, e appaiono formate dai depositi di un lago che copriva nell'epoca anteriore all'attuale il fondo di tutta la valle. Fatto a Pontassieve un altro risvolto, l'Arno entra nella valle nel cui centro sta Firenze, e sul cui fondo si potrebbe ripetere ciò che si è detto per il Valdarno superiore; alla Gonfolina, fra Capraja e Montelupo passa per un'altra gola, da lui stesso prodotta corrodendo il macigno e le

rocce più moderne, e così stretta, che fra i dossi di macigno v'ha appena lo spazio pel passaggio del fiume, di una strada postale e della strada ferrata; e finalmente entra nell'ampia valle d'Arno inferiore, così piana che il fiume vi scorre serpeggiando e lentissimo fino al mare, e col suolo di tale composizione, che la dimostra formata dal deposito di interrimenti in un seno di mare, il quale andò mano mano diminuendo e scomparve affatto pel continuo avanzarsi della spiaggia.

Il Tevere scorre invece per lunghe valli generalmente parallele alla catena Apenninica, passando successivamente per Borgo San Sepolcro, per Città di Castello, vicino al colle su cui trovasi Perugia, presso Todi, fra Magliano e Civita Castellana, e finalmente attraversando Roma, per metter foce nel mare presso Ostia; percorre quindi gran parte degli Stati della Chiesa, ricevendo le acque dagli Apennini dell'Umbria e della Sabina, e dalle ondulate pianure della Comarca di Roma. È impetuosissimo dapprincipio, ma poi diviene placido e nello stesso tempo si colora in gialliccio, appress'a poco come l'Arno, il Po ed ogni altro fiume che scorra fra le argille subapennine, e meritando così l'epiteto di biondo.

Il versante orientale degli Apennini, che guarda l'Adriatico, ha tutti i suoi fiumi di brevissimo corso, attesa la vicinanza della giogaia Apennina al lido del mare. Accenneremo soltanto che nelle Marche sboccano nell'Adriatico la Marecchia a Rimini, la Foglia a Pesaro, il Metauro presso Fano, l'Esino per la vallata d'Jesi, il Chienti presso Civita Nuova, e il Tronto, che ha origine nell'Abruzzo ulteriore, passa per Ascoli e presso la sua foce divide lo Stato Romano dal Napoletano; che nello stesso Abruzzo scorre la Pescara, passa vicino a Chieti e termina presso la città dello stesso suo nome; che l'Abruzzo citeriore è percorso dal Sangro; e che le montagne, le colline e le pianure della Puglia (Molise, Terra di Bari e Terra d'Otranto) forniscono le acque al Trigno, al Biferno, al Fortore, al Cervaio e all'Ofanto. Finalmente la Basilicata, ossia quel tratto compreso fra le due grandi ramificazioni dell'Apennino meridionale, manda al golfo di Taranto, e quindi al mare Jonio, il Bradano, il Basente, la Salandra, l'Agri, il Sinno e il Crati.

Abbiamo già veduto che l'alta Lombardia può essere chiamata la terra dei laghi, per quelle vaste raccolte d'acqua che vi sono formate dal Ticino (Lago Maggiore), dall'Adda (Lago di Como), dall'Oglio (Lago d'Iseo), dal Mincio (Lago di Garda), e da altri fiumi minori (Laghi di Lugano, di Varese, Sebino, ecc.); ma varii altri se ne trovano nel restante dell'Italia, e specialmente nella sua parte centrale, e sono: il Trasimeno o lago di Perugia, fra alcune ramificazioni dell'Apennino; il lago di Fucino o di Celano, a 2000 piedi d'altezza sul livello del mare, nel mezzo degli Apennini abruzzesi; quelli di Bolsena, di Vico, di Bracciano e dei monti Albani, nella zona vulcanica romana, che si stende dal confine toscano di Radicofani fino alle maremme pontine; e finalmente quelli d'Agnano, d'Averno e il Lucrino nei Campi flegrei (dintorni di Pozzuoli e Baia) presso Napoli. Questi laghi dell'Italia centrale non sono però attraversati da fiumi considerabili, hanno in generale una forma rotonda, e, se non tutti, almeno quelli della zona romana e dei dintorni di Napoli si sono formati nei crateri d'antichi vulcani ora affatto estinti, come vedremo altrove, nei trattatelli relativi alla geologia.

**Maremme, lagune e mari.** — A compiere i cenni sull'idrografia italiana è necessario dire ancora qualche cosa sulle maremme e lagune, e sui mari che circondano il nostro paese.

Le maremme sono estesissimi tratti di paese continuamente bagnati da acque stagnanti e paludose, ora dolci ed ora salse, così che v'ha quella continua emanazione di vapori o di gas pestilenziali denominata la mal'aria. Quelle lungo il littorale toscano e lungo quello del Lazio sono le più estese e famose per la deso-

lazione che vi regna, e che di là si allarga anche sui paesi vicini, così che durante l'estate gli abitanti della campagna romana, dopo avere compiuti nel giorno i pochi lavori agricoli necessarii per quella terra fertilissima, devono ritirarsi ogni sera in Roma stessa, se vogliono sfuggire ad una febbre assai pericolosa, e talvolta mortale, inevitabile effetto del rimanere esposti anche per una sola notte all'aria umida della campagna; e fra i montanari della Sabina e dell'Umbria, che vanno alla pianura come coltivatori o come artigiani, molti ritornano poco dopo in patria ridotti agli estremi dalle stesse febbri.

Lungo l'Adriatico v'hanno invece delle lagune, nelle quali l'acqua è più abbondante, e non produce i lagrimevoli effetti ora accennati. Tali sono le lagune di Comacchio e di Venezia; tuttavia, il fondo di quest'ultime è così elevato che nella state, durante la marea bassa, rimane all'asciutto, presenta alla vista bei tappeti di verdura e di piante marine, manda delle emanazioni nocive, ed è necessario segnare con pali i canali più profondi, ed anzi scavare coll'arte ancora maggiormente questi canali, perchè le gondole e i bastimenti possano recarsi da un'isola all'altra ed alle spiagge del mare. Ed anzi le lagune di Venezia si sarebbero a poco a poco colmate, per le materie terrose continuamente portate in esse dal Brenta, se la previdenza dei Veneziani non ne avesse deviate le acque di questo fiume col mezzo d'un apposito canale artificiale.

Il mare Ligure o Ligustico, o golfo di Genova, bagna le due Riviere di Levante e di Ponente, fino all'ampio e sicuro golfo della Spezia; è profondissimo sin alle coste, che sono alte e soscese, frastagliate di piccoli seni e buoni porti, e sparse di scogli, e ricche di luoghi ameni e ridenti, ma ancora più di austeri e grandiosi. Il mare Tirreno o Toscano si stende dalla Magra al golfo di Napoli, ha spiagge assai piane là dove termina la valle dell'Arno, e coste poco elevate di là sino alle maremme romane, con pochi porti naturali ed estesi, ed è molto esposto al vento di libeccio (sud-ovest), che vi riesce talvolta assai pericoloso. Dal golfo di Napoli al Faro di Messina il Mediterraneo prende il nome di mare Siculo, conta il bellissimo golfo di Napoli diviso nei tre bacini di Pozzuoli, di Napoli e di Castellamare, il golfo egualmente ampio di Salerno, quelli di Policastro, di santa Eufemia e di Gioja, e le sue coste sono in generale montuose e scoscese.

Passato l'angusto Faro, dove trovansi la rupe scoscesa di Scilla cinta di scogli pericolosi e la corrente vorticosa di Cariddi chiamata dai Siciliani *calofaro* o *rema*, e voltato il capo Spartivento, entrasi nel mar Jonio, che ha il golfo di Squillace e quello più ampio di Taranto. Lasciando indietro anche il Capo di Santa Maria di Leuca si va nell'Adriatico, che ha le coste dapprima basse e orlate di tomboli vestiti di mirti, poscia ad altissime scogliere là dov'è il Gargano, poi ancora piane, poi di nuovo erte e difficili a motivo degli Apennini abruzzesi, meno elevate lungo le Marche, e finalmente ridotte a spiagge affatto piane e con lagune da Ravenna sino a Trieste, dove cominciano le coste elevate dell'Istria, a cui fanno seguito le isole e le coste frastagliate del golfo del Quarnero, funestate dalla bora, vento fortissimo di nord-ovest. Il Mediterraneo è assai profondo nel golfo di Genova, fra la Toscana, Monte Cristo, la Corsica e la Sardegna, e presso le isole Eolie, giungendo in alcuni luoghi a 2640 piedi di profondità; l'Adriatico a nord-ovest fa continuazione alla pianura della Valle del Po, ha quindi il fondo piano, ed anzi l'ha più piano ancora di questa stessa valle, e a poco a poco si fa più profondo verso le coste dell'Istria e della Dalmazia, in modo di raggiungere presso l'isola di Pelagosa (fra il monte Gargano e la Dalmazia) la profondità di 150 metri.

Quantunque le maree nei nostri mari non siano così sensibili come nell'Atlantico, pure vi esistono, trovandosi fra l'alta e la bassa marea una differenza mi-

nore di 30 centimetri a Livorno e di 60 a 90 centimetri a Venezia, quando le maree sono più forti; così che, come abbiamo già detto, in certe epoche si vede regolarmente ogni sei ore farsi asciutto il fondo melmoso delle lagune, attraversato da canali sempre pieni d'acqua; ed anzi, quando coll'epoca dell'alta marea coincide il forte soffiare del vento di scirocco (sud-est) per parecchi giorni, l'acqua della laguna si innalza al punto da inondare tutte le vie e piazze di Venezia.

Chiuderemo col dire non infrequente nel nostro Mediterraneo, nell'Adriatico ed anche nelle lagune venete e nei canali stessi di Venezia la fosforescenza prodotta di notte da innumerevoli animaletti sbattuti dalle onde o irritati dai movimenti che si fanno nell'acqua pel passaggio delle barche e dei bastimenti; e coll'accennare la singolarità d'una copiosa sorgente sottomarina d'acqua dolce, la quale si trova nel mezzo del golfo della Spezia, è così copiosa che l'acqua dolce s'innalza di qualche pollice sulla superficie del mare, e si crede provenire da due torrenti che poco lungi dalla costa si sprofondano insieme in un gorgo profondo, e non si vedono altrove ricomparire alla superficie del suolo.

---

Africa.

## III.

## AFRICA.

**59. L'Africa** è un'immensa estensione di paese che ha la forma triangolare, colla base rivolta a tramontana e colla punta verso mezzodì. Le sue coste sono tutte uniformi, e affatto prive di tutte quelle interruzioni e dentellature che si osservano nelle coste europee. Si avanza verso mezzodì nel grande Oceano, e lo divide in due regioni, l'una occidentale, chiamata Atlantico, l'altra orientale, detta Oceano Indiano. E come fu già detto più sopra, l'Africa è separata dall' Asia mediante il mar Rosso, eccetto che in un punto, dove le è unita per mezzo dell' istmo di Suez.

Questa parte del gran continente è la meno incivilita e la più deserta del mondo. Comprende un gran numero di paesi, che si estendono dal tropico del Cancro a quello del Capricorno, e che

giacciono quindi nella zona torrida. E in conseguenza appunto della grande estensione dei deserti che contiene, della insalubrità del suo clima, e del barbaro carattere delle sue popolazioni, è poco conosciuta dagli Europei.

**60. Sue zone climatologiche.** — Nell' Africa si possono distinguere più zone, che si succedono da tramontana a mezzodì, sono limitate dai paralleli di latitudine, ed hanno diversi caratteri fisici.

**61. Zona settentrionale e Sahara.** — La zona settentrionale, compresa fra il Mediterraneo e la catena dell' Atlante, ed a cui talvolta si dà il nome generico di *Tell,* è una lista di paese fertile e ricco di alture e montagne. Al sud di questa zona se ne stende un'altra più vasta, diretta da levante a ponente e larga circa 800 miglia, che comprende il Sahara o Gran Deserto. Tutta questa estesissima zona consta di pianure sabbiose ed aride, che producono soltanto qua e là poca vegetazione, presentando una sconfortante monotonia, e nelle quali si trovano sparsi pochi tratti, che pel loro carattere si possono considerare come isole di fertilità in un oceano di desolazione. Questi pochi tratti fertili si chiamano *Oasi.*

**62. Vallata del Nilo.** — Verso ponente questo deserto non solo giunge fino all'Oceano, ma si continua collo stesso carattere per molte miglia lungo le coste. Verso levante invece discende per una serie di sterili terrazze sino alla vallata del Nilo, dove il suolo acquista repentinamente un alto grado di fertilità, e lo conserva poi per tutta l'estensione fra il Nilo e il mar Rosso. L'intera valle del Nilo, dai limiti del deserto sino al Delta (sul Mediterraneo), dalla riva destra del fiume sino al mar Rosso, fu celebrato sin dalla più alta antichità per la sua generale fertilità, quantunque questo carattere non sia dovunque senza eccezioni, come lo prova il tratto di paese deserto fra il Cairo e Suez.

**63. La zona centrale** dell' Africa, che si stende immediatamente al sud del gran deserto, ha un carattere affatto diverso, essendo tutta molto fertile e popolosa.

**64. La quarta zona,** che giace a mezzodì della precedente, è generalmente ignota, eccettuate le parti più vicine alle coste. Si crede che consista in un paese molto elevato, percorso da catene di montagne altissime, e per questo suo carattere la distinguono col nome di Alta Africa.

**65. La zona meridionale** della grande penisola Africana ha un'area triangolare, col vertice molto proteso nell'Oceano australe, e terminato col Capo di Buona Speranza. Questa parte è variata da colline e valli, e naturalmente fertile, e presenta molti estesi pascoli.

Le tribù native che l'abitano sono gli Ottentotti e i Caffri. La colonia europea, dapprima olandese ed ora inglese, è ancora limitata alla parte più meridionale di questa zona ma ha una costante tendenza ad allargare il suo territorio verso settentrione, per mezzo delle sue relazioni e spesso anche dei suoi conflitti colle tribù native.

**66. Coste ed isole dell' Africa.** — Abbiamo già più volte avvertito come le coste dell' Africa siano prive di dentellature e per conseguenza poco adatte al commercio. Per la stessa ragione mancano quelle isole che si trovano così frequenti là dove le coste sono dentellate, e che pel loro carattere fisico si possono considerare come parti staccate dal continente, o appena separate per mezzo di valli abbastanza depresse per lasciar passaggio al mare. L'isola di Madagascar, presso le coste orientali, è la sola che meriti qualche considerazione; e fra questa e il continente ve n'hanno poche altre, dette isole Comoro, ma piccolissime (1). Di altre isole che sono sparse nell'Oceano Indiano, e nell'Atlantico, perchè troppo distanti dall'Africa, non si può ragionevolmente dire che siano sue dipendenze. (2)

---

(1) Altre isole minori presso alle coste sono quelle di Fernando Po, del Principe, di San Tomaso e di Annabon nel golfo di Guinea, quelle di Bissago presso la costa della Senegambia, quella di Socotra presso al Capo Guardafui, alla bocca del golfo d'Aden nell'Oceano Indiano, ed alcune piccole isole vulcaniche nello stretto che unisce questo stesso golfo al mar Rosso.

(2) Tali sono le isole dell'Ammiraglio, le Mascarene (di Francia o Maurizio e di Borbone) ed altre meno importanti nell'Oceano Indiano, i gruppi vulcanici delle Azorre, di Madera e Porto Santo, delle Canarie (Teneriffa, Palma, Lancerota, del Ferro, ecc.) e del Capo Verde, un gruppo di vulcani sottomarini sotto l'equatore, e le solitarie isole di Sant' Elena e dell'Ascensione nell'Atlantico.

# AGGIUNTA DEL TRADUTTORE.

## Altri particolari sulla Geografia fisica dell' Africa.

Dal poco che è detto nel testo si comprende che il continente africano, il quale ha la superficie totale di dodici milioni di miglia geografiche quadrate, si può considerare formato da un vastissimo altipiano che copre tutta l'Africa centrale e meridionale, da una regione montuosa (l'Atlante) che scorre lungo le coste più settentrionali, e da una regione bassa e molto estesa, occupata dai deserti e da altri paesi, e limitata verso settentrione da questa regione montuosa e dal Mediterraneo, e verso mezzodì dall'altipiano dell'Africa centrale.

**L'altipiano** si avvalla da un lato verso l'Atlantico, e dall'altro verso l'Oceano Indiano, in terrazze strette e parallele, divise da catene di montagne, sempre meno elevate quanto più sono distanti dal litorale; e probabilmente in egual modo s'abbassa verso la regione bassa settentrionale. La sua parte centrale, che è la *quarta zona* citata nel testo, si può dire ancora quasi sconosciuta, e poco noti sono pure i suoi margini, specialmente verso tramontana. Al nord del Capo di Buona Speranza l'altipiano contiene un vasto deserto, e intorno a questo è formato da granito e rocce analoghe, e da strati orizzontali d'arenaria, i quali danno al paese quell'aspetto particolare, per cui un monte alto più di 3500 piedi, che sovrasta al Capo, si ebbe il nome di Monte della Tavola. V'hanno pur anche basse colline, e vi hanno origine i fiumi Orange, che sbocca nell'Atlantico, e Zambese, che mette nel canale di Mozambico (fra l'Africa e il Madagascar); ma i tributarii di questi fiumi sono veri torrenti, gonfii nelle stagioni delle pioggie, ma asciutti nelle altre epoche dell'anno, e scorrono entro vallate fatte a terrazze disposte a scalea e chiamate *Karroo*, che sono deserte ed aride nella stagione asciutta, ma per le pioggie si rivestono di verdura e di una splendida vegetazione. A questo altipiano del Capo fanno continuazione varie catene montuose che vanno lungo la costa orientale fino al mar Rosso, e fra le quali si trova quella detta di Lupata, che è attraversata dal fiume Zambese, ed un'altra, detta dei Monti della Luna, dalla quale scendono verso ponente parecchi tributarii del Nilo.

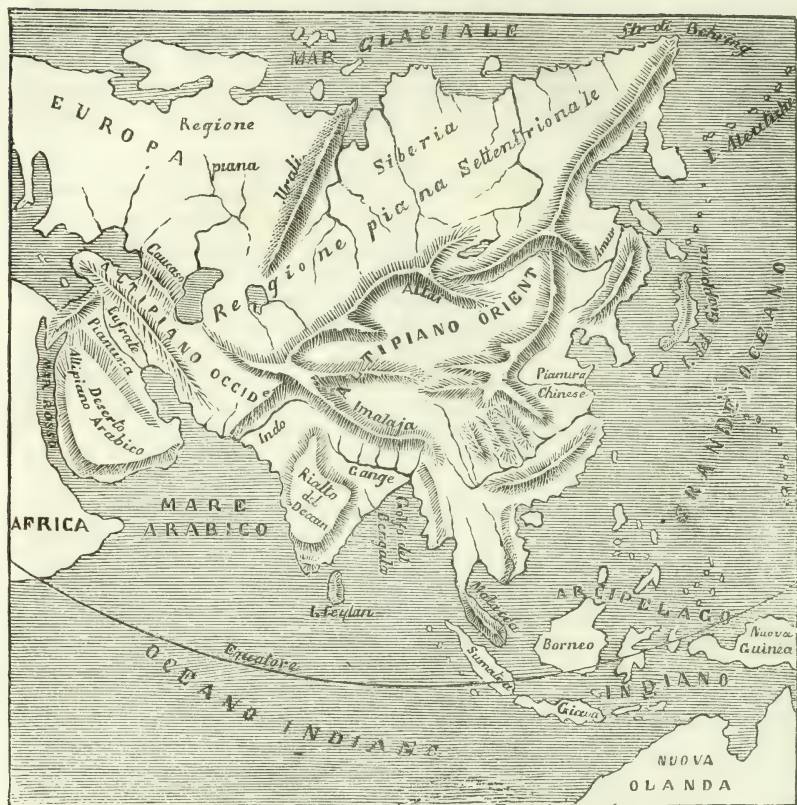
Le coste occidentali invece, che comprendono la Guinea, non hanno monti molto elevati, offrono molta varietà d'aspetto e di vegetazione, presentando ora delle savanne estesissime e monotone, coperte di gramigne, ora delle foreste d'alberi giganteschi, ora delle colline, ora dei giuncheti o delle paludi coperte di ricca vegetazione, ma infestate da esalazioni pestilenziali, ed ora degli ampii tratti con ogni dovizia di cereali e di altri prodotti, e paragonabili per la loro fertilità alla valle del Nilo. Per esse mettono foce nell'Atlantico molti fiumi che sortono dal centro dell'altipiano, l'Ioliba o Niger, che viene da settentrione, e poi quelli detti Senegal e Gambia, che attraversano le pianure della Senegambia, fra le ultime ramificazioni dell'altipiano e la parte occidentale del deserto di Sahara.

Il Sudan e l'Abissinia formano l'ultima parte dell'altipiano che si avanza verso settentrione, sino ai deserti di Sahara e della Libia. Presentano un pendio rapidissimo verso il mar Rosso, ma lentissimo verso il centro del continente, giacchè constano di molte pianure ondulate, con massi montuosi qua e là isolati, e attraversate da valli profonde da 3000 a 4000 piedi, sul fondo delle quali scorrono i

numerosi tributarii del Nilo. La loro superficie ha un aspetto assai vario, essendo ora a praterie od a terre coltivate, ora a paludi, ed ora a densissime foreste, abitate da elefanti e da moltissime altre specie di animali particolari della zona torrida. Ed alcune alture, colle sommità piane ed accessibili soltanto col mezzo di gradini scavati nella roccia o di scale a mano, vi servono come fortezze naturali e come prigioni di Stato.

**Regione bassa, dei deserti e delle fertili pianure.** — Scendendo così dall'altipiano nelle regioni basse si trova, prima di giungere al deserto, una zona di paesi umidi e fertilissimi, che nel testo è chiamata *zona centrale* e si stende con poche interruzioni dall'Atlantico al mar Rosso, e nella quale v'hanno molti regni e città commerciali, fiumi con sabbie aurifere, foreste con elefanti, e campi che producono riso ed altri cereali in ogni stagione. Ma troppe guerre durano sempre fra quei popoli, talvolta pel solo scopo di vendere come schiavi i prigionieri fatti alle vinte tribù; e per poco che il viaggiatore si inoltri verso settentrione, vede a poco a poco diminuire l'umidità e la fertilità del suolo, e comparire lo squallore del deserto, che si estende per 800 miglia fino al monte Atlante ed al Mediterraneo, e si prolunga anche nell'Atlantico, in forma di banchi e di bassi fondi. — In questa immensa pianura, coperta di sabbia e sparsa di laghi salati, di sorgenti salmastre, di nude rocce sporgenti, e qua e là rivestita di incrostazioni di sale, il vento di levante solleva la sabbia finissima, la ravvolge in turbini e la riversa sulle carovane, mentre il caldo eccessivo rende infuocata l'aria e compie la distruzione d'ogni essere vivente, e il sole appare come disco rosso di fuoco a rischiarare quel teatro di desolazione. — Soltanto poche oasi, depresse sotto il livello del deserto, rifugiano fra la loro verdura animali d'ogni sorta, come gazzelle, pantere, leoni, rettili, ed uccelli, ed offrono un po' di riposo alle carovane che nell'attraversare il deserto hanno potuto resistere alla morte.

Verso levante fa seguito al Sahara il deserto di Nubia e di Libia, che termina alla valle del Nilo e presso le coste del Mediterraneo, al di là d'una serie di oasi, nelle quali si trovano i laghi di Natron, le rovine di Tebe, gli avanzi dei ritiri dei primi monaci cristiani, e quelli del tempio di Giove Ammone. E al di là della valle del Nilo scorre una serie di colline e di montagne, che divide questa valle dal mar Rosso.

Finalmente, fra il deserto e la catena dell'Atlante, che si bagna verso tramontana nel Mediterraneo, v'ha un'altra zona ristretta, piana e fertile, ma tutta a pastura e senza alberi, che sembra un oceano di verdura, e si stende dall'Atlantico sino al Gran Sirte sul Mediterraneo, terminando nello Stato di Tripoli.

Asia.

## IV.

## ASIA.

**67. L'Asia in generale**. — L'Asia costituisce per la sua estensione una metà dell'antico continente, ha una popolazione che è la metà di quella dell'intero globo, e presenta poi anche molto interesse sotto l'aspetto geografico.

È immediatamente unita all'Europa fra il mar Glaciale Artico e il mar Caspio, separata dall'Africa per mezzo del mar Rosso, ma unita coll'Egitto per mezzo dell'istmo di Suez, e separata dal continente americano mediante lo stretto di Behring. Le sue coste orientali sono fiancheggiate da innumerevoli isole, e sparse di larghe baie e di golfi; e la sua punta meridionale è, per così dire, legata col conti-

nente dell'Australia mediante l'arcipelago che si stende fra l'Oceano Indiano e il Pacifico, e nel quale si distinguono per la loro grandezza le isole di Sumatra, Borneo, Papua e Giava. L'equatore attraversa questo arcipelago, che si estende dal ventesimo grado di latitudine nord al decimo di latitudine sud.

**68. Altipiani.** — La parte centrale dell'Asia consiste in due altipiani estesissimi, ciascuno dei quali è circondato di catene di montagne; e partendo da queste catene montuose la superficie dell'Asia va gradatamente e per una successione di ripiani abbassandosi in ogni direzione sino al livello delle basse pianure circostanti e del mare.

**69. L'altipiano orientale** è il più elevato, comprende il Tibet e il deserto di Gobi o Samo, ed ha un'altitudine che varia fra 4000 e 15000 piedi al di sopra del livello del mare.

Questa grande pianura elevata ha per suoi limiti meridionali la catena dell'Imalaia, e per limite settentrionale l'Altai e la catena di Tian; verso ponente termina alla catena di Bollortagh, e verso levante ad una catena che scorre direttamente al nord di Pechino ed è detta dei monti Khingan.

**70. Suo carattere fisico.** — Per farsi un'idea del carattere fisico di questo vasto altipiano basta sapere che ha un'area di 750,000 miglia quadrate e un'altitudine generale più grande di quella delle più alte montagne d'Europa.

Al di là delle catene montuose che lo circondano questo altipiano discende con pochissima pendenza verso il nord, formando una zona estesissima, che va fino al mar Glaciale Artico ed è una vastissima pianura, la quale si abbassa gradatamente sino al livello del mare. Verso mezzogiorno e verso sud-est l'altipiano va più presso alle coste e s'abbassa con una inclinazione molto maggiore.

**71. L'altipiano occidentale** comprende i paesi fra il mar Caspio, il golfo Persico e il fiume Indo, non eccede i 4000 piedi in altezza, e generalmente ha un'elevazione minore.

Questo tratto, chiamato l'altipiano dell'Iran, è l'antica Persia, e si può dividere in due parti, il Cabul verso oriente, e la Persia verso ponente. Verso nord-ovest si estende sino a formare l'Asia Minore fra il mar Nero e il Mediterraneo, abbassandosi gradatamente verso l'Arcipelago Greco.

**72. India inglese. — Altipiano del Deccan.** — Una parte triangolare, che si estende nell'Oceano Indiano a guisa d'immensa penisola, forma la più gran parte dell'India inglese. Consiste in un altipiano di moderata elevazione, chiamato *rialto del Deccan*, che

forma gran parte della penisola; e fra questo altipiano e la catena dell' Imalaia, che scorre da levante a ponente, v'ha una pianura di poco elevata sul livello del mare, chiamata *pianura dell' Indostan* e formata dal bacino del Gange, il quale, ricevendo dai due lati molti tributarii, l'attraversa da ponente a levante, forma colle sue foci un delta, e si scarica nella parte più settentrionale del Golfo del Bengala, presso Calcutta. La parte occidentale di questa pianura termina nel mare Arabico, e forma il bacino dell'Indo e dei suoi tributarii.

## AGGIUNTA DEL TRADUTTORE.

### Altri particolari sulla geografia fisica dell' Asia.

**Altipiano orientale e sue catene montuose.** — Come si può vedere anche soltanto dalla brevissima descrizione data dal chiarissimo autore inglese, tutto nell'Asia è sopra una scala di proporzione più grandiosa che in Europa.

L'altipiano del Tibet e del deserto di Gobi è pochissimo noto, per causa della gelosia dei Chinesi. Soltanto si sa ch'esso va mano mano elevandosi da settentrione verso mezzodì; che il suo suolo è ora assai fertile, ora mediocre ed ora affatto deserto; che nella parte meridionale, là dove il suolo si trova ad un' altezza maggiore di quella del monte Rosa, trovansi parecchi laghi, intorno ai quali crescono il frumento e l'orzo, e maturano molte frutta dell' Europa meridionale; che intorno alla città di Lassa nel Tibet orientale v'hanno molti vigneti, i quali fecero chiamare quel paese *regno del piacere*, ma molto più estese sono le steppe sulle quali pascolano greggie ed armenti, e in particolare quelle capre che producono la famosa lana per gli scialli, ed una specie di bue, detta jack, che ha il pelo finissimo, bianco, lanoso e lungo sino a terra; che parecchi di que' laghi contengono borace naturale; e che il cielo vi è purissimo, e l'azzurro dell'aria così intenso da parer nero. Il deserto di Gobi, che comprende il *mare di sabbia* ed il *mare asciutto*, è in tutto simile a quelli d'Africa, benchè a quella straordinaria altezza sul livello del mare.

L'Altai contiene esso pure molti laghi, ha un aspetto monotono, altipiani nudi e sterili come quelli della Scandinavia, valli con prati verdeggianti e pastorali, e contiene fra le sue ramificazioni verso la Siberia il lago Baikal, il più grande dei laghi alpini, e totalmente incassato fra montagne in parte granitiche e in parte vulcaniche. Agli Altai ed alle montagne di Kingan fanno continuazione altre catene montuose, che si stendono verso nord-est, attraverso la Manciuria, fino al mare del Giappone, alla pianura della Siberia ed alla penisola del Kamsciatka, che è interamente montuosa. Fra queste montagne scorre il fiume Amur, in un paese nel quale i Russi vanno ora lentamente e senza rumore estendendo le loro conquiste verso mezzogiorno, a danno dell' Impero Chinese. Ed a questo sistema montuoso sono collegate le isole stesse del Giappone e Curili.

Verso sud-est l'altipiano del Tibet e la catena dell' Imalaia mandano delle catene montuose minori, che formano l'ossatura dell' Indochina, dell' India al di là del Gange, e della penisola di Malacca, abitate dai Birmani, dai Siamesi, ecc., e percorse dai fiumi Maikong, Meinam, Saven e Iravaddi, che scendono dal Tibet e

sboccano nel mare della China, nel golfo di Siam e nel golfo del Bengala. Nè qui s'arrestano le catene montuose, ma si prolungano nel mare e formano le isole di Sumatra, di Giava, di Borneo, le Celebe, le Filippine e tutte le altre, che si uniscono con quelle dell'Oceanica, e sono importanti pei vulcani che contengono e pei loro prodotti sì vegetali che animali.

Fra le montagne marittime del nord-est dell'Asia e quelle dell'Indochina s'estende ampiamente la pianura Chinese, che è il paese più produttivo del mondo, perchè fertilissimo e perfettamente irrigato da canali. Il riso e molti ortaggi sono i prodotti più abbondanti di questo paese, e una serie di colline che lo attraversa è rimarchevole per la coltivazione che vi si fa della pianta del tè. L'Huang-Ho o Fiume Giallo e il Kiang-Ho o Fiume Turchino sono i più importanti che scorrano per questa parte piana della China, sboccando ambedue nel mar Giallo.

L'Imalaia s'innalza a poco a poco dal Tibet, ma s'abbassa rapidamente verso la pianura dell'Indostan, così che le sue valli verso mezzodì sono crepacci stretti e profondi, e i fiumi vi si slanciano giù con una rapidità estrema; i passi sono in generale meno alti della cima del monte Bianco, ma ve n'ha di molto più alti, fino a venti mila piedi sul livello del mare; e le maggiori cime (che sono l'Iavahir, il Davalagiri, un picco chiamato Kattnchininga e più alto del Davalagiri, ed un altro picco senza nome ben definito, e ancora più alto dei precedenti) s'innalzano sino a più di 26000 piedi. Venti fortissimi, turbini di neve, rocce nude o vestite di ghiaccio, e pietre mobili gittate attraverso il cammino concorrono insieme coll'estrema rarefazione dell'aria e coll'intenso freddo a rendere pericolosissimi i viaggi fra quei monti. Tuttavia, nelle parti meno elevate, anche sul fianco settentrionale della catena, il clima è mite; vi sono valli verdeggianti, campi che producono biade e frutta, e vigneti fino a sedici od a diciotto mila piedi sul livello del mare, cioè due mila piedi più in alto della cima del monte Bianco: singolarità questa, che si vuole spiegare coll'ammettere l'influenza d'un calore sotterraneo, di cui sono indizii molte polle d'acqua calda frequenti in quei luoghi, e che sembra in relazione coi vulcani esistenti in altra parte dell'altipiano.

Questi vulcani ancora attivi, quantunque a grandissima distanza del mare, si trovano nella catena del Thian-Shan, o delle *Montagne Celesti*; ed alcuni tra essi eruttano lave come il nostro Vesuvio o come l'Ecla.

**Siberia.** — L'estesissima pianura della Siberia, fra gli altipiani centrali, il mar Caspio, gli Urali e il mar Glaciale, è quasi una continuazione della pianura europea, attraversata dai fiumi Obi, Ienissei e Lena, che sboccano nel mar Glaciale, e con diversi climi secondo le latitudini. Analoga nelle sue parti meridionali alla pianura germanica, si fa sempre più fredda quanto più si avvicina al mar Glaciale; al 60.° parallelo cessano di maturare le biade, e poco più al nord le foreste cedono il terreno alle vere steppe, alle maremme, ai laghi e alle pianure immense, il cui suolo spugnoso e gelato sino a qualche centinaio di piedi sotto la superficie rimane per nove o dieci mesi coperto di nevi, e soltanto sgela per poco alla superficie nei mesi meno freddi dell'estate, per coprirsi di verdura e di fiori di tinte svariate ma di brevissima durata. Yakutsk sulla Lena è forse la città più fredda della terra, e il suo clima presenta la massima differenza tra il caldo dell'estate e il freddo dell'inverno; nell'estate vi possono maturare il frumento e la segale, ma nell'inverno il freddo è così intenso che il mercurio vi è gelato costantemente per due mesi e talvolta anche per tre. Finalmente, sì gli Urali come gli Altaì sono ricchi di filoni auriferi, e lo stesso suolo della Siberia è in alcune sue parti formato d'alluvioni, in cui abbonda quel prezioso metallo.

**Altipiano occidentale.** — Questo rialto fa continuazione a quello del Tibet,

dal quale è separato soltanto per mezzo della catena del Bolor-Tagh e dalle sue ramificazioni. Il Caucaso, fra il mar Caspio e il mar Nero, ne è l'estremo settentrionale, s'innalza a grandi altezze, fin quasi a 18,000 piedi, e conta molti ghiacciai. L'Asia Minore ha un'altezza media di 3,000 piedi, è attraversata da varie catene montuose, la più alta delle quali, detta del Tauro, scorre lungo le coste meridionali, dirimpetto all'isola di Cipro. A questa seguono le regioni montuose dell'Armenia, del Kurdistan ed altre, nelle quali esistono anche montagne isolate e vulcaniche, qual'è per esempio l'Ararat, alto più di 17,000 piedi, e colla cima coperta di nevi perpetue. E da queste regioni squarciate da gole profonde e dirupate scendono verso mezzogiorno due fiumi celebri nelle antiche storie, il Tigri e l'Eufrate, che vanno a bagnare la pianura Arabo-Sira e a terminare nel golfo Persico. Il suolo poi del vero altipiano dell'Iran è di natura assai varia, presentando ora bellissime pianure, ora campi, villaggi e boschetti bellissimi, ora montagne e pianure nude ed aride, ora valli celebrate come luoghi di delizie, ed ora colline isolate ed a fianchi verticali, che possono servire come fortezze naturali; e finalmente le spiagge del golfo Persico sono solitudini sabbiose, bruciate dal calore eccessivo, e ridotte per gran parte in uno sterile deserto.

A tramontana di questo altipiano v'ha la pianura del Turchestan, assai estesa e piana, anzi depressa sotto al livello del Mediterraneo nella parte che circonda il lago d'Aral, in generale deserta ed a steppe immense, e con efflorescenze saline intorno al lago or ora citato.

**L'altipiano del Deccan** è totalmente isolato e distinto da quello del Tibet. Presenta anch'esso, come quello dell'Iran, molte alture solitarie e quasi inaccessibili, che servirono come fortezze agli Indiani, e possiede le miniere di diamanti di Golconda; ma le vere sue ricchezze consistono nel suolo fertilissimo delle pianure del Coromandel, con cui termina verso il golfo del Bengala, mentre invece verso il mare Arabico forma le coste scoscese del Malabar. L'isola di Ceilan è anch'essa montuosa, quasi unita alla penisola da banchi di sabbia e da piccole isole, tra cui l'acqua ha solamente sei piedi di profondità nell'alta marea; è fertilissima, produce molte droghe ed ha foreste bellissime; e, di più, è ricca di pietre preziose, e presso le sue coste si fa la maggiore pesca delle perle.

**Le pianure dell'Indostan** presentano quasi ogni varietà di clima, dal calore e dalla umidità dei tropici sino alla dolce temperatura dell'Europa meridionale; gran parte della sua superficie è periodicamente inondata dal Gange e dal Brahmaputra come l'Egitto dal Nilo, e produce gran copia di riso e d'altri grani; ma in certe stagioni si fa arida e polverosa, eccettuati certi terreni paludosi, sempre coperti di rigogliosissima vegetazione, e chiamati *gengli*.

Il *Pungiab o Pengiab,* o *contrada dei cinque fiumi,* che forma il bacino dell'Indo, somiglia molto per la sua natura alla pianura dell'Indostan, ma termina verso il mare con un ampio deserto, la cui parte più vicina al mare, conosciuta sotto il nome di *Kun di Cutch,* è così depressa che nell'aprile, quando i venti sospingono l'acqua del mare, ne viene quasi totalmente coperta e trasformata in un golfo.

**Arabia e Siria.** — A sud-ovest del rialto della Persia e del golfo Persico sino al mar Rosso, si trovano la Siria, la pianura dell'Eufrate e del Tigri, e la penisola dell'Arabia, delle quali il nostro Autore non fa alcun cenno.

La penisola araba è quasi tutta arida e deserta; nessun fiume considerevole l'attraversa, e il suo centro ha un vero deserto simile a quelli dell'Africa e di molta estensione; più verso settentrione vi hanno montagne e colline, bellissime vallate pastorali, e boschi di palma dattilifera e di arbusti aromatici. Il littorale è assai

vario, presentandosi ora arido, ora affatto deserto, ed ora ricco di piante che producono droghe e caffè.

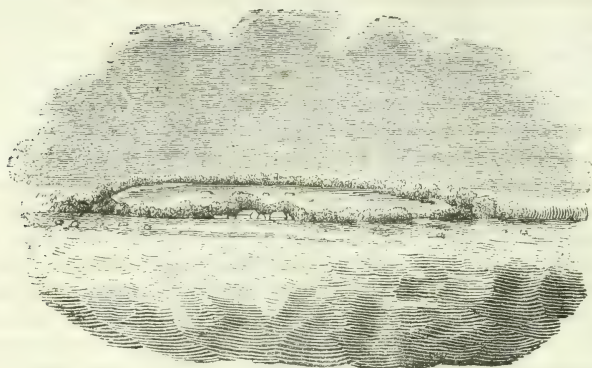
Verso l'Istmo di Suez, nell'Eliath della Santa Scrittura, trovansi varii gruppi montuosi, fra i quali sono più celebri quelli del Sinai e dell'Orebbe , coperti di neve nell' inverno; v' ha un deserto con alte rupi e con valli simili a profonde fessure e chiuse fra altissime pareti verticali; sono frequenti gli scavi fatti in queste rupi da popolazioni altre volte numerose ed ora affatto scomparse, le iscrizioni a caratteri sconosciuti, le rovine di tempii e di mura d'antichissime città.

Nella pianura del Tigri e dell'Eufrate, di vario aspetto nelle sue diverse parti, vagano pochi popoli nomadi, là dove si vanno scoprendo meravigliosi avanzi di Ninive e di Babilonia, e quali li hanno descritti gli antichi storici e geografi.

La Siria forma un altipiano lungo le coste del Mediterraneo, percorso nella sua lunghezza dalle catene montuose del Libano e dell'Antilibano, che hanno precipizii spaventevoli, sorgenti abbandonate, foreste, vigneti e pascoli, e sono sparse di villaggi e conventi. Le vallate e le pianure sono assai fertili, specialmente quella di Damasco, quantunque sia circondata da deserti, la cui uniformità è rotta soltanto dalle ruine di Palmira. Ed anche il deserto assiro in certe stagioni si copre di scarsa ma vivida vegetazione, con erbe fragranti ed aromatiche di breve durata. I monti della Terra Santa settentrionale sono in generale selvosi, e le vallate fertili, benchè questo paese sì celebre nella storia cominci già a mostrare quell' aspetto di desolazione, che regna maggiormente verso il sud, e che al mezzodì del mar Morto è al suo più alto grado, indizio della prossimità del deserto.

La valle del Giordano è importante anche per la sua singolare depressione sotto al livello del Mediterraneo, essendo il lago di Tiberiade a 620 piedi ed il mar Morto a circa 1300 piedi sotto quel livello.

Passando dal deserto presso al mar Morto in quelli che occupano l'istmo di Suez non si trova alcuna variazione notabile. Come il mar Morto è formato di acqua assai salata e densa, così lo sono pure alcuni laghi dell'istmo, che vengono appunto detti *laghi salati*, e sembrano gli avanzi d'un antico stretto, che unisse il Mediterraneo al mar Rosso; giacchè, considerando che le sabbie trasportate dal vento di levante hanno colmato più volte i canali aperti in varie epoche attraverso l'istmo di Suez e ne hanno quasi cancellata ogni traccia, si presenta probabile l'ipotesi che altre volte comunicasse il mar Rosso col Mediterraneo, e che dal trasporto di quelle sabbie durante una lunga serie di secoli sia stato appunto colmato quel braccio di mare e prodotto l'istmo ora esistente. Alla quale ipotesi non si può più trovare un' obbiezione nella pretesa diversità di livello fra quei due mari, perchè la maggiore elevazione del mar Rosso, già asserita da Aristotele, da Eliodoro Siculo e da Plinio, negata formalmente da Erodoto e da Strabone, e poi trovata di nove o dieci metri dagli ingegneri Francesi che accompagnarono in Egitto Napoleone, è ora decisamente provata affatto erronea dalle misure più esatte degli ingegneri sotto la direzione di Talabot, pel progetto del taglio dell'Istmo di Suez.

---

Un atollo.

V.

## OCEANIA.

**73. L'Australia**, detta anche Nuova Olanda, è un'isola così grande ed importante, che ora è generalmente considerata come un continente. È collocata fra il decimoquinto e il quarantesimo parallelo australe. Vicino ad essa, prossimamente verso levante, v'hanno altre grandi isole, che vengono dette della Nuova Zelanda, ed al sud ve n'è un'altra ancora, che è chiamata Terra di Van Diemen o Tasmania.

**74. Australasia. — Oceania.** — Il gruppo formato dall'Australia, dalla Tasmania, dalla Nuova Zelanda e da varie isole minori vicine a queste formano ciò che i moderni geografi comprendono sotto il nome di *Australasia*, perchè è un gruppo di terre così esteso, che la considerano, per così dire, come un' altr' Asia nell' emisfero australe.

Tutte le isole poi, che sono sparse in sì gran numero nell'Oceano Pacifico (o Grande Oceano), compresavi la stessa Australasia, formano l'*Oceania*.

**75. Polinesia.** — Quella parte dell'Oceania che si trova fra l'Arcipelago Indiano e le coste occidentali dell'America fu chiamata più particolarmente *Polinesia* (1).

(1) Altri geografi, comprendendo nell'Oceania anche l'Arcipelago Indiano e le terre recentemente scoperte intorno al polo antartico, la dividono in quattro parti: *Oceania occidentale* o *Malesia*, che comprende l'Arcipelago Indiano, cioè Sumatra, Giava, Borneo, le Molucche, le Filippine, ecc.; *Oceania centrale* o *Australasia* o

**76. Stato fisico della Nuova Olanda.** — Per la recente scoperta dell' oro e per la conseguente emigrazione dalla Gran Brettagna nella Nuova Olanda questa colonia inglese ha acquistato una maggior importanza, e deve riescire più interessante ciò che si riferisce alla sua geografia fisica.

Ad onta dell' immensa immigrazione che vi ha luogo e delle ricerche mineralogiche di cui questo continente è il teatro, la sua superficie è ancora ben lungi dall' essere perfettamente conosciuta. Uno dei suoi caratteri fisici e geografici più importanti è la completa mancanza di grandi fiumi navigabili e la uniforme conformazione delle sue coste, prive di dentellature, che diano origine a golfi, a baie ed a seni. Tutto il continente è circondato da catene montuose, che scorrono parallelamente alle coste, ad una distanza che varia fra quaranta e cinquanta miglia. La catena di monti che si estende lungo le coste orientali, e che è anche la meglio conosciuta, è chiamata delle *Alpi Australiche* nella sua estrema parte meridionale, delle *montagne Azzurre* presso Sidney, e *catena di Liverpool* verso il nord. Dai piedi di queste montagne vanno al mare pochi fiumi e così piccoli, che sono quasi asciutti durante l'estate (1). L'interno del paese consiste in una serie di pianure, che comprendono buoni pascoli, e in più ampie estensioni coperte di sabbie e di conchiglie, così che hanno l'apparenza di terreni, dai quali si sia recentemente ritirato il mare. Vi furono veduti anche parecchi fiumi considerabili, ma non è ancora ben chiarito se vadano a terminare in grandi laghi interni simili a quelli dell'Asia, o se si perdano nelle sabbie di quei deserti salati.

Una curiosa singolarità è presentata da una catena di scogli di corallo che scorre lungo le coste verso nord-est, ad una distanza variabile fra venti e settanta miglia; catena di scogli, che è la più lunga fra tutte quelle conosciute sul globo, giacchè misura ben 1200

*Melanesia*, formata dalla Nuova Olanda, dalla Nuova Zelanda, dalla Nuova Guinea, dalla Tasmania, ecc.; *Oceania orientale* o *Polinesia*, che consta delle isole Marianne, Caroline, Sandwich, dei Navigatori, Basse, ecc.; ed *Oceania antartica* o *circumpolare*, che comprende le Terre Vittoria, Adelia, Sabrina, d'Enderby, di Luigi Filippo, ecc. (*N. del Trad.*)

(1) L'altezza media di queste montagne varia da 2400 a 4700 piedi sul livello del mare, ed anche il monte Koschusko, che ne è il punto culminante, non sorpassa i 6500 piedi di altezza, ma è così collocato che la sua cima nevosa si vede tutto all' intorno per l'estensione di 2000 miglia quadrate. Le montagne sono però scabre e selvaggie, terminate da guglie ignude, da picchi dentellati e da creste spianate di rocce cristalline, e le loro ramificazioni comprendono dei burroni strettissimi, delle gole simili a voragini e dei precipizi impraticabili, che formano quasi una invalicabile barriera fra le coste e l'interno del continente. (*N. del Trad.*)

miglia in lunghezza, e che offre poi anche la particolarità di sorgere in un mare così profondo, che, a quel che si dice, non se n'è potuto toccare il fondo. La larghezza di questa catena di scogli varia assai, essendo ora di trecento piedi ed ora di parecchie miglia.

**77. Clima.** — Trovandosi l'Australia fra il decimoquinto e il quarantesimo parallelo è da aspettarsi che il suo clima sia dolce e salubre. Con un'atmosfera molto asciutta, v'ha la temperatura dell'Italia meridionale. La vegetazione sembra mantenuta dalla rugiada, perchè spesso avviene che passino parecchi anni senza pioggia. Quando però questa si vede, cade periodicamente, e dura per tre mesi continui.

**78. Prodotti vegetabili.** — I prodotti vegetabili naturali non sono nè numerosi, nè utili; non v'è alcun frutto buono a mangiarsi. Gli alberi che vi formano le foreste sembrano appartenere tutti alla stessa famiglia, avendo tutte le foglie strette e così disposte, che producono pochissima ombra. I vegetabili all'incontro, che vi sono trasportati da altri paesi, vi riescono benissimo. Si trovarono provincie adatte ad ogni sorta di grani; ma fino ad ora prevale ed è più utile il tenere il terreno a pascoli (1).

**79. Animali.** — I mammiferi indigeni sono poco numerosi ed appartengono quasi tutti al gruppo dei *marsupiali*, quali sono, per esempio, l'opossο e il canguro o kanguroo. Il più rimarchevole e anormale di questi mammiferi indigeni è quello che è detto *ornitorinco*, perchè ha, per così dire, il becco e le zampe di un'anitra, il corpo e il pelo d'una talpa, e forma così una specie di anello di congiunzione tra i mammiferi e gli uccelli (2).

**80. Minerali.** — Tutti sanno che l'oro si trova in grande quantità in questa regione. Aggiungeremo che vi esistono in quantità inesauribili il carbon fossile e il ferro, e che v'hanno anche marmi, e minerali di piombo e di rame.

(1) Nella Nuova Olanda sono state trovate più di cinque mila specie vegetabili, spettanti a ben centoventi famiglie differenti. Poche sono tuttavia le specie che formano, per così dire, la massa delle foreste, e le danno un aspetto particolare. Queste appartengono alle leguminose, alle mirtacee e alle orchidee; ed hanno in generale il lembo delle foglie non già disposto orizzontalmente o poco inclinato, come nei nostri alberi, ma in un piano verticale, così che producono pochissima ombra, com'è appunto detto nel testo. (*N. del Trad.*)

(2) I *marsupiali* sono mammiferi che nascono ancora così imperfetti, che non sono capaci neppure di succhiare il latte dalle mammelle della madre, come fanno tutti gli altri dei nostri paesi e delle altre parti della terra. La loro madre, quindi, appena sono nati, li prende e li mette in una specie di borsa che ha davanti al ventre, e nella quale sporgono i capezzoli delle mammelle, introduce uno di questi capezzoli nella bocca di ciascun figlio, e spinge così il suo latte nella bocca e fin

**81. Tribù aborigene.** — Le tribù dei nativi, a quanto sembra, sono rimaste in piccol numero, e si trovano nello stato più basso a cui possano essere naturalmente gli uomini. Sono in generale nomadi, ma talvolta costruiscono rozzi villaggi, e sulle coste vivono di pesca (1).

Così degradata è la loro condizione morale e fisica, che parecchie tribù vanno totalmente nude, praticano il cannibalismo, e sono affatto destituite d'ogni idea sociale e religiosa.

nello stomaco dei figli. Quando poi questi sono così cresciuti, che possono camminare e prendere il cibo da loro stessi, ma sono ancora troppo piccoli per potersi difendere, appena veggono un nemico o temono qualche pericolo, corrono a rifugiarsi ancora nella borsa o sul dorso della madre, e questa, tenendoli nella borsa con una zampa, o facendo avvolgere tutte le loro code alla sua propria, li porta in salvo nei cespugli più folti o sugli alberi più elevati.

L'ornitorinco ha il corpo d'un coniglio, ma le gambe cortissime e una membrana fra le dita dei piedi, e il muso trasformato in un vero becco. Altre singolarità anatomiche vengono a comprovare maggiormente il suo stato intermedio fra i mammiferi e gli uccelli; non depone però uova, ed allatta i figli come gli altri mammiferi. Il suo nome significa appunto *becco d'uccello*, dalle parole greche *ornis*, *ornithos*, uccello, e *rhynchos*, becco.

(*N. del Trad.*)

Sariga.

(1) Appartengono ad una razza nera particolare, col corpo magrissimo, e colle braccia e gambe molto sottili e lunghe. (*N. del Trad.*)

# AGGIUNTA DEL TRADUTTORE.

## sulla Geografia fisica dell'Oceania.

Il nostro Autore accenna già nel testo che v'hanno isole *continentali* ed isole *pelagiche*, cioè che alcune sono vicine ai continenti e si possono considerare come loro appendici staccate e sporgenti dal mare, mentre altre sorgono dall'alto mare lungi dai continenti. Or bene, la Polinesia si può considerare formata d'isole pelagiche, ma le altre parti dell'Oceania si devono ritenere formate d'isole continentali, perchè collegate o coll'Asia o coll'Australia o con ambedue.

Abbiam veduto nel testo la descrizione della Nuova Olanda; vediamo ora quale sia la natura delle altre isole che formano l'Oceania.

Fu osservato dai geografi che in generale le piccole isole pelagiche sono o vulcaniche o formate dal continuo aumento dei banchi di corallo, mentre le più grandi hanno altra natura, e si devono considerare formate dalle parti più elevate d'un continente sprofondato in modo da riescire quasi totalmente sommerso. Vulcaniche sono infatti nell' Atlantico le isole di Sant'Elena, dell' Ascensione, di Madera, del Capo verde, le Canarie, le Azzorre, ecc; e nell' Oceania v'hanno numerosi esempii delle tre specie d'isole ora accennate.

La Nuova Zelanda, ricca di monti, di nevi perpetue e di ghiacciai, che riproducono in quei paesi gli aspetti delle nostre Alpi, è formata di varie rocce simili a quelle della Nuova Olanda e degli altri continenti, ma conta anche parecchii vulcani attivi e le sue pianure sono in generale più belle e fertili di quelle dell'Australia.

« Le isole dell'Arcipelago Indiano, vivificate dal sole infocato dell'equatore, sono di una bellezza incomparabile, incoronate di monti maestosi, ricchi di aromatica verzura, e digradando si avvallano a spiaggia, o si tuffano in un mar cristallino. Le coste loro sono frastagliate da profondi seni di mare, e bagnate da purissimi fiumi, che discendono in cascate e s'inabissano in selvaggi burroni. Tutte codeste isole sono siffattamente coperte di palme e di altre bellissime forme di vegetazione tropicale, che sembrano rendere immagine di un paradiso terrestre. » (Sommerville, Geografia fisica.)

La Nuova Guinea, detta anche Papua, è assai grande, conta qualche vulcano, ma ha una struttura analoga a quella dei continenti. Altrettanto si può dire di Bornéo, che ha magnifiche catene di montagne, fiumi, foreste bellissime, diamanti, oro e carbon fossile, e produce gutta-perca, legni preziosi, droghe, gomme, e frutti tropicali di molte sorta, ma non contiene alcun vulcano; e delle isole di Giava, di Celebes e di Sumatra, che hanno anch'esse la solita struttura dei continenti, con rocce sedimentarie, rocce cristalline, montagne ordinarie, ecc., ma presentano nello stesso tempo anche dei vulcani. Ed anzi, l'isola di Giava è sotto quest'ultimo riguardo interessantissima, non essendovi sulla terra alcun altro sito, che proporzionatamente alla sua grandezza contenga tanti vulcani. Ve n'ha almeno trentotto, taluni estinti, ed altri ancora in piena attività.

Le isole *madreporiche*, cioè formate da banchi di corallo, di madrepore e di altri polipai, si distinguono in quattro specie, cioè in atolli, scogliere a ghirlanda, scogliere a sbarra e scogli a frangia di corallo.

Un *atollo*, od *isola a laguna*, è formato da una catena circolare di corallo, che chiude nel suo centro una laguna, mentre all'ingiro il fondo del mare scende gradatamente fin alla distanza di 300 a 600 piedi, ma poi si abbassa, con rapidità tale,

da presentare un'inclinazione maggiore di quella dei fianchi d'un cono vulcanico. Il diametro degli atolli varia da due a novanta e più miglia, talvolta vi possono entrare i bastimenti come in un porto sicurissimo, e spesso si trovano uniti molti insieme, formando dei veri arcipelaghi di scogli e di isolette poco elevate e rivestite di palme e di altre piante tropicali. Le isole Basse, le Caroline e le altre che si trovano fra questi due arcipelaghi presentano la struttura ora descritta.

Le *scogliere a ghirlanda* sono atolli aventi una o più isolette nelle loro lagune centrali. Molte fra le Caroline e Tahiti nell'Arcipelago della Società sono i principali esempi di questa specie.

Le *scogliere a sbarra* sono file di scogli aventi la stessa natura delle due specie precedenti, ma collocate parallelamente alle coste di isole maggiori o di continenti. Abbiamo già veduto citata nel testo quella che scorre lungo le coste nord-est dell'Australia; altre circondano la Nuova Caledonia e le Luisiadi, e diedero il nome al Mare di Corallo o Mare Corallino fra esse contenuto. Meno estese sono quelle delle isole della Società e dell'Arcipelago di Cook.

Gli *scogli a frangia di corallo*, o semplicemente *scogli di corallo*, differiscono dalle precedenti scogliere soltanto perchè non comprendono lagune; e formano altri gruppi di isolette e di scogli, negli arcipelaghi di Cook, delle Ebridi, delle Filippine, delle Marianne, delle isole Sandwich, ecc.

Queste diverse specie di isole madreporiche, formate dal continuo succedersi delle generazioni d'animaletti piccolissimi, che uniti in quantità innumerevoli costruiscono con sostanze lapidee le madrepore, molte sorta di corallo, e in generale i *polipai* (cioè le loro case comuni), continuano ad aumentarli in altezza finchè giungono alla superficie del mare, e poscia li estendono in larghezza, costituiscono dunque tutta la Polinesia, cioè tutte le isole pelagiche dell'Oceano Pacifico, a tramontana ed a levante dell'Arcipelago Indiano, della Nuova Olanda e della Nuova Zelanda. E in generale si è osservato, che negli arcipelaghi d'isole madreporiche e sino a qualche distanza attorno ad ognuno di essi non si trovano isole vulcaniche. Ma anche questa regola ha le sue eccezioni, giacchè una zona vulcanica passa per le isole dell'Arcipelago Indiano (Timor, Tumbara, Giava, Sumatra, Barren ed altre nel Golfo del Bengala), una seconda zona passa per le isole Ebridi, di Salomone, ecc., una terza comincia colla nuova Guinea, scorre nell'Arcipelago delle Filippine e si collega con quella che si estende per le isole della China e del Giappone sino al Kamtsciatka ed alle isole Aleutiche, una quarta comprende le Marianne, e quattro distinti centri vulcanici si trovano nelle isole Sandwich, Mandana o Marchesi, di Cook, e di Pasqua.

Quasi nulla si sa delle Terre Australi scoperte da Giacomo Ross, da Dumont d'Urville e da altri, perchè coperte e circondate da nevi perpetue, da scogliere di ghiaccio e da un immenso numero di pericolosissimi ghiacci galleggianti. Vi si videro però elevate e scoscese catene montuose, picchi isolati, e vulcani attivi alti più di dodici mila piedi, qual'è per esempio il monte Erebo.

America settentrionale.

## VI.

## IL NUOVO CONTINENTE

## OSSIA CONTINENTE OCCIDENTALE.

**82. Sua estensione e forma.** — Questo continente è, come l'orientale, un tratto oblungo di paese, la cui lunghezza interseca obliquamente i paralleli di latitudine, essendo diretta dapprima da sud-sud-est a nord-nord-ovest, e poscia volgendosi un poco a levante nel-

l'avvicinarsi al polo. Si estende dal cinquantesimo grado di latitudine australe sin agli ultimi limiti delle scoperte polari boreali.

**83. Sua divisione. — America meridionale.** — Il continente consiste in due grandissime penisole, unite per mezzo di un istmo molto stretto e di una lunghezza considerevole.

La penisola meridionale somiglia alquanto all' Africa per i suoi contorni, avendo una forma triangolare, colla base verso tramontana e col vertice verso il polo australe, ed anche per le sue coste poco dentellate e povera in baie e golfi; ma ne differisce totalmente per i larghi e lunghissimi fiumi che l' attraversano.

**84. L' America centrale** è quella parte che unisce l'America meridionale colla settentrionale. La sua porzione più meridionale non ha più di 30 miglia in larghezza, e vien detta *istmo di Panama*, dal nome di una città posta sulle sue coste occidentali.

**85. L' America settentrionale** è, come l'Europa, dentellata, pel gran numero di baie che possiede, e la sua parte settentrionale ha la più grande collezione di acque dolci che si trovi sulla terra, formata da cinque laghi grandissimi (Superiore, Michigan, Huron, Erie e Ontario), i quali comunicano fra loro e scaricano le loro acque nel golfo di San Lorenzo (nell'Oceano Atlantico) per mezzo d' un fiume dello stesso nome.

**86. Limiti ed estensione dell'America settentrionale.** — L'America settentrionale è separata verso ponente dall'Asia per mezzo dello stretto di Behring, e verso settentrione e levante dalla Groenlandia per mezzo della Baia di Baffin e dello stretto di Davis.

Una specie di arcipelago si trova fra le coste settentrionali di questo continente e la Groenlandia, ed ha molti promontorii e molti tratti d' acqua distinti con nomi particolari: tra questi ultimi il più grande è la baia d' Hudson.

**87. Sue divisioni politiche.** — In quanto alla geografia politica l' America settentrionale si divide in quattro parti, una delle quali è centrale ed orientale e forma gli Stati Uniti, un'altra è settentrionale ed orientale e costituisce l' America Inglese (Canadà, Labrador ed altri paesi), la terza, che è l' angolo occidentale fino allo stretto di Behring, vien detta America Russa, e l' ultima, meridionale e occidentale, comprende il Messico.

**88. Golfo del Messico e mare dei Caraibi.** — Un ampio tratto di mare è chiuso fra le coste settentrionali dell' America del Sud, le meridionali dell'America del Nord e quelle orientali del Messico e dell'America centrale, e forma il golfo del Messico e il mare

dei Caraibi, separati l'uno dall'altro, ed ambedue dall'Oceano Atlantico per mezzo dell'Arcipelago delle Indie Occidentali.

**89. Rapporti fra le coste dell'antico e quelle del nuovo continente.** — Fu già osservato da Humboldt, che se si paragonano le coste orientali dell'America meridionale con quelle occidentali dell'Africa, si trovano fra loro gli stessi rapporti che di solito esistono fra i due lati d'una valle. Alla concavità della costa africana ch'è chiamata Golfo di Guinea corrisponde nell'America meridionale la convessità delle coste del Brasile, e alla convessità della parte nord-ovest dell'Africa, di cui fanno parte le coste dell'impero di Marocco, corrisponde l'opposta concavità formata dal mare dei Caraibi e dal Golfo del Messico; così che, se si potesse smuovere i due continenti e portarli l'uno verso l'altro, fino a che si toccassero, le sporgenze dell'uno entrerebbero negli incavi dell'altro, appress'apoco come due pezzi di legno tagliati da un falegname in quel modo particolare che diciamo a coda di rondine. Il fondo dell'Atlantico, che si stende fra i due continenti, può essere dunque considerato come una valle estesissima, i cui lati si sollevino al disopra del livello dell'acqua che copre il fondo, e formino le coste dei due continenti. E l'Atlantico, che riempie questa valle sotto-marina, si può supporre che vi entri fra il Capo di Buona Speranza e il Capo Horn, che scorra dapprima verso tramontana deviando un poco verso levante, che dopo aver formato il golfo di Guinea prenda la direzione nord-ovest, e che infine, oltrepassate le coste nord-ovest dell'America, prenda una terza direzione, verso nord-est.

**90. Il rilievo del nuovo continente** è caratterizzato da una serie continua di monti assai elevati, la quale scorre per tutta la lunghezza del continente, dai limiti più boreali sino ai più australi, ma tenendosi sempre più vicina alle coste occidentali che alle orientali.

**91. Montagne Rocciose e Chippewayan.** — La parte di questa catena montuosa che percorre l'America settentrionale, cominciando dal mar Glaciale, forma i monti Chippewayan nella sua parte settentrionale, e nella sua parte meridionale la catena meglio conosciuta sotto il nome di Montagne Rocciose.

**92. Cordigliere e Ande.** — Nell'America centrale e nell'America meridionale la stessa catena montuosa cangia nome, forma le Cordigliere e le Ande, si eleva ad altezze molto maggiori, presenta moltissimi picchi, che frequentemente sono veri vulcani, scorre parallelamente alle coste occidentali del continente, e termina nella

Terra del Fuoco, là dove ha fine anche il continente, nella punta più australe, chiamata capo Horn (1).

**93. Ande della Patagonia e del Chilì.** — Fra questo punto più australe e il Chilì, ritornando verso settentrione, il piede delle Ande si bagna nelle acque dell'Oceano Pacifico, e le coste sono quindi dentellate e accompagnate da una serie numerosa di isole; così che si riconosce che nel mare v'ha un ramo di catena montuosa, essendo i capi, i promontorii e le isole altrettante sommità di montagne sorgenti dal fondo dell'Oceano (2).

Più verso settentrione la catena delle Ande si allontana dalle coste, lasciando fra sè e il mare una zona piana e ristretta, le cui coste non sono così dentellate e frastagliate come quelle della Patagonia, e mancano affatto d'isole e di sicuri asili pei naviganti (3).

(1) Le Montagne Rocciose separano le pianure del centro dell'America inglese e degli Stati Uniti dalla zona occidentale che manda le sue acque nel grande Oceano ed è percorsa da un'altra catena montuosa lungo il littorale, detta delle Alpi Marittime, e nella quale trovasi il monte S. Elia, alto quasi 18000 piedi. A questa catena del littorale fanno seguito verso mezzogiorno la Sierra Nevada ed altre nella California sì continentale che peninsulare. L'altipiano del Messico è percorso da parecchie catene montuose, generalmente dirette da nord a sud, sparse di vulcani (il Tuxtla, l'Orizala, il Culima, il Citlaltepelt o montagna della stella, così chiamato perchè il suo cratere sempre fumante si vede di notte come una stella, il Popocatepelt, alto quasi 18000 piedi, l'Jorullo, sorto in una notte nel 1759), fra il golfo del Messico e il Grande Oceano, e distinte coi nomi di Sierra Madre, Sierra Verde (che fa seguito alla parte più meridionale delle Montagne Rocciose), Altamina, ecc. La superficie dell'altipiano riesce quindi divisa in parecchie grandi vallate, in una delle quali siede la città di Messico, a 7482 piedi al dissopra del livello del mare. Una singolarità di questo altipiano sono certe cavità, dette *barancas*, ossia squarciature larghe due a tre miglia, spesso profonde più di mille piedi, con margini scoscesi, percorse da correnti e da piccoli fiumi, e piene d'aria molto più calda di quella che copre le pianure circostanti.

(2) Queste coste patagoniche somigliano a quelle della Norvegia per la loro dentellatura, per i fiordi e per i ghiacciai che vanno a terminare nel mare.

La Terra del Fuoco è un arcipelago separato dall'America continentale per mezzo dello stretto di Magellano. Le sue isole sono anch'esse frastagliate da baie, e da seni o fiordi simili a quelli della Scandinavia, e contengono molti ghiacciai alimentati dalle nevi di monti alti fino a 6000 piedi. V'hanno anche torbiere e dense foreste di faggi. (*N. del Trad.*)

(3) Questa zona piana è il così detto giardino della republica del Chilì.

Nella catena delle Ande del Chilì molti picchi s'innalzano sino al di là del limite delle nevi perpetue, e parecchi sono vulcani attivi.

Nel Chilì centrale non cade pioggia pel lasso di nove mesi, e quindi durante questo tempo le montagne e le colline vi rimangono in generale nude o con pochi alberi bassi e roveti, ma quando piove si coprono di una vegetazione bellissima ma passeggiera. Nel Chilì settentrionale poi, dove la pioggia cade una volta soltanto in due o tre anni, tutto il pendio occidentale e ripidissimo delle Ande è sempre d'una soverchia sterilità. Invece sono boscosi due rami secondarii che si avanzano verso levante per 300 o 400 miglia nella pianura. (*N. del Trad.*)

**94. Ande del Perù e della Bolivia.** — Mano mano che le Ande s'avanzano verso settentrione e s'avvicinano al territorio Peruviano, la loro altezza va rapidamente crescendo, e le loro sommità per tutto quel tratto s' innalzano al di là del limite delle nevi perpetue. Fra queste v'ha il Nevado d'Aconcagua, alto 24000 piedi, che è il punto più elevato di tutto il continente occidentale. — Questo picco era vulcanico in origine, ma in nessuna storia si trova accennato come un vulcano attivo.

Al nord del 24° parallelo la catena prende il nome di Ande del Perù e della Bolivia, e si trova ad una distanza considerevole dalle coste occidentali, esistendo fra essa e il mare un deserto sabbioso.

**95. Cordigliere.** — Al nord del 21° di latitudine australe, fino al mare dei Caraibi, le Ande cessano di essere una sola e continua catena, ma si dividono in due o più catene longitudinali, chiamate *Cordigliere*, e fra loro collegate per mezzo di catene secondarie e trasversali, così che il loro insieme forma, per così dire, una rete montuosa, che racchiude molte vallate, le quali sono assai elevate al disopra del livello del mare, e formano quà e là dei rialti e degli altipiani molto estesi. Il più rimarchevole tra questi rialti è quello del Desaguadero, che ha 400 miglia in lunghezza, 30 a 40 miglia in larghezza, ed un'altitudine media di circa 13000 piedi al disopra del livello del mare. Parecchii picchi elevatissimi circondano questo immenso altipiano, elevandosi a più di 8000 piedi al disopra della sua superficie, e sorpassando quindi di molto il livello delle nevi perpetue.

**96. Potosi.** — Sopra questo estesissimo altipiano, la cui area è tre volte quella della Svizzera, trovasi Potosi, che vince in altitudine tutte le altre città, essendo a 13330 piedi sopra il livello del mare, con una popolazione di 30,000 abitanti. Essa è costruita sul fianco settentrionale d' una montagna chiamata Cerro di Potosi e ricchissima in vene minerali, specialmente d'argento (1).

(1) Gli altipiani compresi fra le Condigliere fruttano esuberanti raccolte d'ogni biada europea, ed hanno molte città popolate e assai civilizzate ad altezze uguali a quella del picco di Teneriffa, e villaggi e miniere ad altezze eguali a quella del monte Bianco e spesso anche maggiori. Le miniere di Potosi, per esempio, si trovano a quasi 16200 piedi al dissopra del livello del mare; e Chiquisaca, capitale della Bolivia, è a 13000 piedi, in mezzo a campagne ben coltivate. Il lago di Titicaca, ampio venti volte quanto il lago di Ginevra, si trova presso a gigantesche e antichissime rovine, nella valle più propriamente detta del Desaguadero perchè attraversata da questo fiume, e circondata dal Nevado di Sorata, dall' Illimani e da altri picchi altissimi. La città di Cusco, di 50000 abitanti, già capitale dell'impero degli Incas, e con maestose rovine appartenenti a questa dinastia, si

**97. Pampas della Patagonia e del Rio della Plata o di Buenos Ayres.** — Siccome la grande catena delle Ande scorre, come s'è già detto, lungo le coste occidentali, così è da aspettarsi che dal piede d'essa catena sino alle coste orientali si estendano pianure assai vaste. E infatti queste pianure esistono nell'America meridionale, e sono occupate nella loro parte meridionale da deserti e da *pampas*, chiamati appunto deserti e pampas della Patagonia e di Buenos-Ayres, e colla superficie ora sabbiosa, ora paludosa ed ora salina, e capace soltanto di produrre meschini pascoli ed alberi nani (1).

trova in un'altra valle analoga alle precedenti. Una terza valle, ancora più settentrionale, a 11° di lat. australe, contiene le miniere d'argento di Pasco, a 14000 piedi sul livello del mare.

Quasi precisamente sotto l'equatore giace la città di Quito, capitale della repubblica dell'Equatore, in una vallata bellissima che ha la media altitudine di 10000 piedi, la lunghezza di 200 miglia, la larghezza di circa 30 miglia, ed è circondata da molti picchi altissimi, quasi tutti vulcanici, ma tuttavia colle cime sempre coperte di neve. Tali sono, per esempio, l'Antisana, il Cotopaxi, il Tunguragua, il Chimborazo, l'Illinissa, il Carguairazo, il Pichincha e il Nevado di Cayambé, che è collocato precisamente all'equatore. Il suolo di questa valle è generalmente buono, ed una primavera perenne lo veste d'una vegetazione esuberante.

A settentrione della valle di Quito le Cordigliere formano tre rami, che scorrono paralleli nel territorio della Nuova Granada, fino al mare dei Caraibi, e l'uno di essi si prolunga lungo le coste di questo mare, nel territorio della repubblica di Venezuela.

I passaggi che valicano le Ande sono numerosi, ed alcuni di essi, specialmente quelli che mettono da un altipiano ad un altro, sono assai elevati, freddissimi e molto pericolosi.

Sul versante occidentale delle Ande cade poca o nessuna pioggia, e quindi la vegetazione vi è in generale povera e stentata; ma sul versante orientale v'ha molta umidità, e combinata col calore eccessivo mantiene una vegetazione molto abbondante, foreste di grandi alberi e folti cespugli; le parti più elevate sono tuttavia nude e coperte di neve e di ghiaccio, i mutamenti di tempo vi sono repentini e violenti, e vi si rimarca lo straordinario fenomeno di correnti d'aria calda, anguste e locali, poco dopo il tramonto.

(1) Le Ande discendono per una serie di ripiani alle pianure orientali, che sono percorse da fiumi giganteschi, e formano i deserti e i pampas della Patagonia e di Buenos Ayres, le selve del fiume delle Amazzoni e i llanos dell'Orenoco. Ma verso l'Oceano Atlantico il suolo si innalza di nuovo e forma due estesissimi rialti, percorsi da catene montuose, che dividono l'uno dall'altro i tre bacini del Rio della Plata, del fiume delle Amazzoni e dell'Orenoco. L'altipiano della Venezuela e della Guiana, detto anche di Parima, si estende fra l'Orenoco, il fiume delle Amazzoni e il mare, è attraversato da oriente a occidente da varie catene montuose, che non sono molto alte ma assai dirupate, coperte di foreste maestose e impenetrabili, e separate da pianure sterili durante la stagione asciutta, ma rivestite di un tappeto di erba verde-smeraldo dopo le piogge. L'altipiano del Brasile, tra il fiume delle Amazzoni, il Rio della Plata e il mare, è molto più ampio

**98. Selve del fiume delle Amazzoni.** — Un' altra parte delle pianure forma il gran bacino del fiume delle Amazzoni, riceve appunto il nome di selve delle Amazzoni, perchè la sua superficie, di più che due milioni di miglia quadrate, è in gran parte rivestita di foreste naturali, e nella rimanente è coperta di pampas erbose. (1)

**99. Llanos dell'Orenoco.** — La valle dell'Orenoco, che è la terza delle parti in cui è divisa la zona bassa dell'America meridionale, è caratterizzata da vaste pianure chiamate *llanos* (pronunciasi alla spagnuola *glianos*), coperte di alte gramigne e sparse qua e là di palme, che servono come fari o segnali a guidare i viaggiatori per quelle regioni inospitali (2).

del precedente, ha una forma triangolare, occupa gran parte dell'impero del Brasile e delle Repubbliche del Rio della Plata e d'Uraguay, è percorso da due lunghe catene montuose parallele, ha magnifiche e intralciatissime foreste d' alberi, pianure rivestite d'erba dopo le pioggie, altre pianure con foreste d' alberi nani, pasture eccellenti, campi di biade, e nella sua parte settentrionale e occidentale un esteso deserto arenoso.

Delle tre estessime pianure dell' America del Sud, la parte meridionale è la più sterile. Nelle sue parti più australi è affatto deserta e sabbiosa, con pochi cespi d'erba e bassi sterpi spinosi, con torrenti che scorrono in profondi burroni, e spesso funestata da venti impetuosi e da turbini. Siffatte steppe, che coprono tutta la Patagonia, terminano al fiume detto Rio Colorado, ove cominciano le terre rosse e calcaree, che formano il suolo di tutto il bacino del Rio della Plata, fra le Ande e l' atipiano del Brasile, sono ora monotonamente coperte di un'erba grossolana in folti cespi, pascolo inesauribile per innumerevoli cavalli e buoi selvatici, con pochi alberi solitarii sparsi qua e là a guisa di fari, ora rivestite d'erba medica verdissima nella stagione delle pioggie, ma di spinosi cardi nella stagione asciutta, ora infestate di pantani e di paludi, terminano contro le Ande con foltissimi boschi di alberi nani e di cespugli spinosi, e in molte parti sono inondate regolarmente ogni anno e fecondate dalle piene dei fiumi, ma spesso anche funestate da incendii che distruggono grandissime quantità d' erbe riarse e di cardi disseccati. (*N. del Trad*).

(1) La vegetazione di tali foreste è così densa che non si può penetrarvi se non navigando sul fiume delle Amazzoni e suoi affluenti. Questa regione è attraversata dall' equatore. Il calore è soffocante fin nei recessi profondi e cupi delle foreste, dove non penetra un soffio d'aria, e quando le pioggie hanno bagnato il terreno v' ha un'umidità eccessiva che produce una folta nebbia. Un silenzio di morte regna dall'orto all'occaso del sole, poi le migliaia di animali abitanti di questi boschi si uniscono in un discordante fortissimo mugghio, non continuo, ma a sbalzi. Nuovo silenzio profondo regna a mezzo la notte, ma è rotto presso all'aurora da un nuovo rimugghiar generale di tutto quel selvaggio coro. (*N. del Trad*).

(2) Anche queste pianure, come le precedenti, sono inondate ogni anno dalle piene dei fiumi nella stagione delle pioggie, dall' aprile sino alla fine d' ottobre; ed allora avviene spesso che gran quantità d'animali rimangano annegati e producano dei miasmi con odore di muschio. La verdura si fa bellissima dopo

**100. Allegani.** — Anche nell'America settentrionale, come nella meridionale, v'hanno estesissime pianure fra le catene montuose occidentali (le montagne Rocciose) e le coste orientali. Ma queste pianure sono attraversate da una catena di monti, parallela sì a quella delle montagne Rocciose, come alle vicine coste orientali, e chiamata dei monti Allegani. Tale catena montuosa va dunque dal Golfo del Messico sin quasi al mar Glaciale Artico e chiude fra sè e le montagne Rocciose un' area di più di 3,000,000 di miglia quadrate. (1)

**101. Pianure orientali dell' America settentrionale.** — Fra gli Allegani e l'Atlantico si estende un'altra pianura, parallela alla precedente, di quasi eguale lunghezza da nord a sud, ma meno larga. Le coste orientali, con cui essa termina verso l'Atlantico, sono dentellate e frangiate, a motivo di molte baie e di molti seni, che vi si internano e che favoriscono molto il commercio e la navigazione. (2)

**102. La gran valle del Mississipì.** — L'estesissima pianura che giace fra la catena degli Allegani e le montagne Rocciose è percorsa dal Mississipì, il quale è il fiume più largo e il più importante del globo dopo quello delle Amazzoni, ma vince questo così in lunghezza, come nel numero e nell'importanza dei suoi tributarii (Missuri, fiume Rosso, Arkansas, Ohio, ecc.), come vedremo più avanti.

l' innondazione, ma nella stagione asciutta il calore eccessivo riarde le erbe e lo stesso terreno, il vento solleva nembi di polvere, e se a caso vi cade una scintilla di fuoco, ne nasce un incendio, che si estende ampiamente da fiume a fiume, distruggendo tutto quanto vi si trova, e lasciando il suolo totalmente calcinato.

L'America centrale è occupata dalla continuazione della catena delle Ande, che conta molti picchi vulcanici, dall'ampio altipiano de'Guatimala, coperto di magnifiche foreste primordiali e da pianure rivestite di vegetazione rigogliosissima.

Le Indie Occidentali comprendono le grandi Antille (Porto Rico, Haiti o San Domingo, Giammaica e Cuba), importantissime per le loro produzioni vegetali, le piccole Antille e le isole Bahama, che furono le prime isole scoperte da Colombo nel Nuovo Mondo.

Il golfo del Messico è interessante per la corrente d'acqua calda detta appunto *corrente del golfo* (*gulf-stream* in inglese), che ne esce e va attraverso l'Atlantico a raddolcire il clima delle coste occidentali dell'Europa.

(1) Questa catena di monti sorge sopra un altipiano avente la stessa direzione da sud-ovest a nord-est, alto da 1000 sino a 4000 piedi sul livello del mare, ed è propriamante formato in alcune parti da tre, in altre da cinque serre di bassi monti, di rado sorpassanti l'altezza di 3000 a 4000 piedi, separati da fertili vallate longitudinali, tagliate trasversalmente da fiumi, e distinte coi nomi di Allegani propriamente detti e Monti Azzurri verso il sud, di montagne Verdi, montagne Bianche, ecc., verso il nord. (*N. del Trad.*)

(2) Molti fiumi navigabili mettono altresì in comunicazione queste coste colle pianure interne e fertilissime, e sovr'essi, come sopra i seni e le baie, sorsero e crescono continuamente parecchie tra le città più popolate, ricche e importanti degli Stati Uniti, quali sono Washington, Filadelfia, Nuova-York, Boston, ecc.

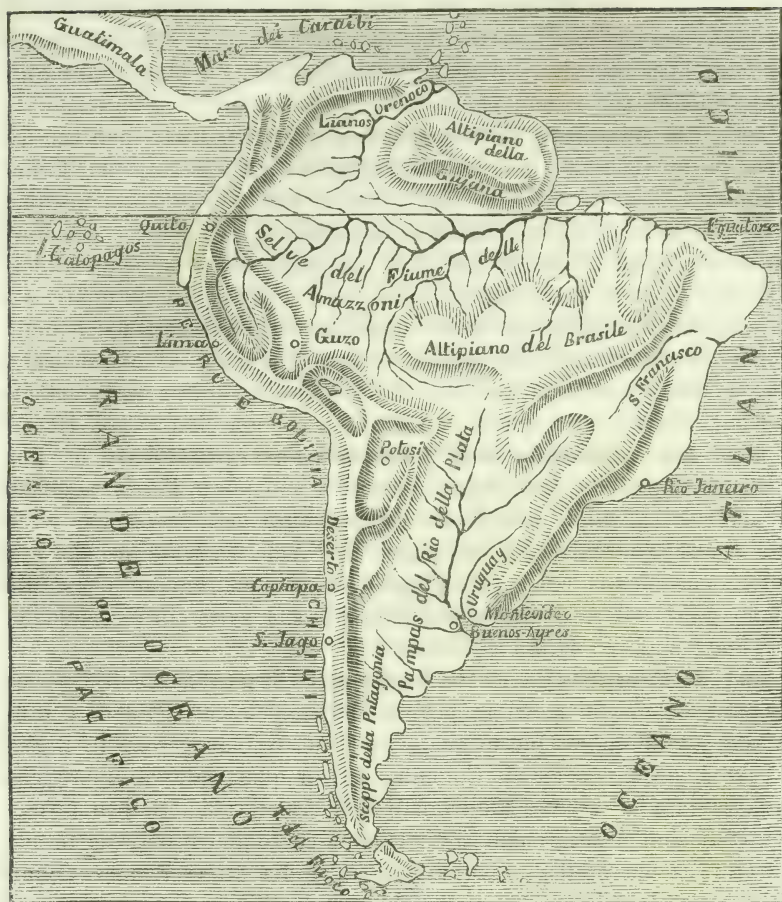
**103. Le praterie.** — Fra i caratteri particolari delle basse terre del nuovo continente sono specialmente da annoverarsi le praterie. Sono vaste pianure, generalmente coperte di folta erba, e siffattamente piane e di uniforme livello, che è impossibile rifiutarsi a crederle un antico fondo di un estesissimo bacino d'acqua, poichè soltanto i sedimenti prodotti dall'acqua possono dare origine ad un livello così uniforme.

E l'estensione di alcune fra queste pianure è così grande, che il viaggiatore, stando nel loro centro, vede tutt'all'intorno terminare il paese con un orizzonte circolare, come se fosse in alto mare, sul ponte di un bastimento. Siccome poi non v'hanno nè strade nè sentieri che attraversino queste pianure, così i viaggiatori, che vi si avventurano, non possono guidare i loro passi che colla bussola o coll'osservazione delle stelle (1).

(1) In alcune parti però le pianure fra gli Allegani e le Montagne Rocciose presentano altri aspetti. Verso il sud-est, lungo la base dell'altipiano del Messico, v'ha un deserto sabbioso, largo 400 o 500 miglia; le pianure del Texas sono aride; verso ponente v'hanno anche aride steppe, riarse nell'estate, ma freddissime nell'inverno: alle foci del Mississipì si trovano delle paludi estesissime, malsane e coperte di folta vegetazione; le coste del Golfo del Messico hanno un carattere affatto tropicale; ampie pinete ingrombrano alcune parti del sud-est e gran parte della Florida; e foreste grandissime, con azalee, rododendri, giganteschi cipressi, altissimi tupiliferi, sicomori, aceri, liriodendri, ecc., coprono le rive dell'Ohio, mentre la praterie sono sparse di piante gigliacee con fiori eleganti, di gruppi di magnolie, di tulipiferi, oppure di mirti, di azalee, ecc, oppure di quercie e di noci, secondo le latitudini e le diverse circostanze del suolo, e vi pascolano branchi innumerevoli di cavalli selvatici, di bissonti e di cervi.

Verso settentrione l'aspetto si fa più severo; intorno al lago Winnepeg trovansi grandi foreste, poi segue una stentata vegetazione di erba, e verso il mar Glaciale la terra è sterile e coperta di numerosi laghi. Il Canadà contiene milioni d'acri di suolo eccellente con immense foreste di pini e d'abeti particolari, che nell'inverno sembrano convertiti in alberi di ghiaccio. Al 56.° grado di latitudine boreale il suolo è sempre gelato alla profondità di pochi piedi sotto la superficie; tuttavia in alcuni luoghi gli alberi crescono fin al 64.° parallelo. Più al settentrione cessano affatto le foreste, e vi succede un deserto sterile, ignudo, sempre più squallido quanto più vicino al mar Glaciale, paragonabile quindi alle pianure più boreali della Siberia.

Nulla o pochissimo si sa delle terre Artiche, cioè della terra di Baffin e delle altre lì vicine. Alcune isole del nord-est forniscono legname da costruzione; e quella di Terra Nuova mantiene colla pesca una popolazione di 70,000 anime.

La struttura geologica di tutta l'America Settentrionale somiglia a quella dell'Europa boreale, essendo ricca di graniti, di serizzi, di carbon fossile, ecc.; la costa occidentale tuttavia, come molte parti delle Cordigliere e delle Ande, contiene vari vulcani, e si collega per mezzo dell'Arcipelago delle isole Aluitiche, che sono quasi tutte vulcani attivi, colla zona vulcanica dell'Asia orientale, che comprende il Kamtsciatka, le isole Curili, il Giappone, ecc.

America meridionale.

## VII.

## CONFIGURAZIONE DELLE TERRE.

**104. La frequenza della forma peninsulare colle punte verso il sud** è uno dei fatti più rimarchevoli della configura-

Finalmente, la Groenlandia, che termina verso l'Atlantico col capo Farewell, è quasi sempre coperta di neve e di ghiacci in tutta la sua estensione; le coste sono frastagliate da fiordi e accompagnate da isole; soltanto in pochi luoghi privile-

zione delle terre. Le punte estreme sono di solito anche accompagnate o circondate da una o più isole; e là dove queste isole non si vedono, si scoprono col mezzo di scandagli dei banchi sottomarini che ne fanno, per così dire, le veci. Basta guardare un planisfero od un mappamondo per vedere la realtà di questo fatto.

**105. La penisola dell'America meridionale** può servire come primo esempio, presentando sopra una grande scala la forma accennata. È un triangolo, che volge la sua base verso settentrione e il cui vertice giace nell'Oceano Australe, e termina col promontorio detto Capo Horn. Si può dire che questo vertice è rotto dall'Oceano in una moltitudine d'isole, la più grande delle quali, separata dal continente per mezzo dello stretto di Magellano, è detta Terra del Fuoco, perchè parecchi picchi vulcanici vi si innalzano fino a 4000 piedi d' altezza. La più australe di queste isole dell' arcipelago del Fuoco è quella che termina col già citato Capo Horn.

**106. La penisola dell'America settentrionale** ha una forma analoga alla precedente, essendo il suo punto più meridionale formato dal Messico; ma invece di terminare nell' Oceano, è unita coll' America meridionale per mezzo dell' America centrale, che può essere considerata come un grande istmo, quantunque i geografi siano soliti a dare questo nome alla sola sua parte più meridionale, chiamata appunto Istmo di Panama.

**107. L'Arcipelago delle Indie occidentali** sta coll'America settentrionale negli stessi rapporti, che l'arcipelago del Fuoco coll'America meridionale. Questo gruppo d'isole, celebre perchè fu il teatro della gran scoperta di Colombo, sta in quel tratto di mare che è chiuso fra le coste settentrionali dell' America del Sud e le meridionali dell'America del Nord. Quando Colombo intraprese il suo viaggio, si era prefisso di giungere in India attraversando l' emisfero *occidentale* del globo, e quando arrivò all'isola di San Salvatore, che è una delle isole Bahama, credette d'aver toccate le coste dell' India; da ciò venne il nome di *Indie occidentali* a queste e alle isole vicine, che furono successivamente scoperte, e che ricevono comunemente dai Francesi e da altri geografi il nome di Antille.

Quell' ampio tratto di mare racchiuso fra le coste delle due Americhe e dalla catena delle Indie Occidentali, forma il Golfo del Messico e il mare dei Caraibi, che sono l' uno dall' altro divisi mediante un' isola dello stesso gruppo delle Antille (Cuba).

giati vedonsi prati, e trovansi sorbi, faggi e salici, ma nani; e i ghiacciai scendono assai spesso per i fiordi sino al mare, e rompendosi danno origine, come quelli del mare polare, ai ghiacci galleggianti, che vengono portati dalle acque sin alle coste settentrionali ed orientali dell'America

**108. La penisola della Florida** presenta un altro esempio della forma in discorso. È il punto dell' America settentrionale che più d'ogni altro si protende verso sud-est, avanzandosi fra l'Oceano Atlantico e il Golfo del Messico, e terminando col Capo Sable, direttamente al nord del porto e della città di Avana nell' isola di Cuba.

**109. La California inferiore** ha anch' essa la forma peninsulare, ed è diretta verso mezzodì. Giace sulla costa occidentale del Messico, e ne è separata per mezzo di un golfo dell'Oceano Pacifico, chiamato appunto Golfo della California; e termina verso mezzodì col promontorio chiamato Capo di San Luca.

**110. La Groenlandia** presenta un altro esempio della solita forma peninsulare, prolungandosi verso mezzodì nell'Oceano Atlantico in un angolo acuto, che finisce col Capo Farevell, circondato da un gruppo di isole.

**111. L'Africa** è nell'Antico Mondo il più grande esempio della forma peninsulare. È triangolare come l' America meridionale, presenta la base verso il nord, e termina in punta verso mezzodì. Intorno a questa punta non sorgono isole, ma in loro vece v' ha il banco di Lagullas, ben noto ai naviganti.

**112. L'Australia** ha una forma analoga, terminando coll' isola della Tasmania, conosciuta anche sotto il nome di Terra di Van Diemen.

**113. La Nuova Zelanda** ha sopra una scala più piccola la stessa forma, terminando verso mezzodì con un'isola chiamata Nuova Leinster.

**114.** È poi degno di rimarco che questa tendenza alla forma peninsulare con un vertice al polo australe, non si trova soltanto nei continenti, ma benanche nelle più piccole ramificazioni delle terre, che danno origine ai golfi, alle baje e ai mari interni.

**115. La penisola iberica** è un esempio di questa tendenza, giacchè presenta una punta verso mezzodì, che forma il promontorio di Gibilterra, ed è separata dall' Africa mediante lo stretto dello stesso nome.

**116. La penisola italiana** si avanza nel Mediterraneo, ed ha intorno alla sua estremità meridionale le isole Lipari, di Sicilia e di Malta.

**117. La penisola ellenica** ha la stessa disposizione, terminando colle coste frastagliate della Morea, ed essendo circondata dalle isole Jonie e da altre.

**118. Della Crimea** si può dire lo stesso, perchè termina verso mezzodì coll' angolo vicino al quale è costrutta Sebastopoli.

**119. La penisola scandinava,** che comprende la Svezia e la Norvegia, ed è collocata fra l'Oceano Atlantico e il Mar Baltico, presenta, come le altre, una punta verso il sud, e la Zelanda ed altre isole minori circondano questa punta.

**120. L'Europa intera** è da Humboldt considerata come una grandissima penisola attaccata al continente asiatico, e chiusa fra il Mediterraneo e il mar Nero da una parte, e l'Atlantico e l'Oceano Artico dall' altra.

**121. La penisola indiana** si avanza nell' Oceano verso mezzogiorno, ha come le altre una forma triangolare, e l'isola di Ceilan presso al suo vertice australe.

**122. India al di là del Gange.** — Lo stesso si può dire dell'India al di là del Gange ed al sud della China, che comprende la Cochinchina e i regni di Siam, dei Birmani, ecc., perchè termina nel promontorio di Malacca, il cui punto estremo verso mezzodì porta Singapore ed è circondato dall' Arcipelago Indiano.

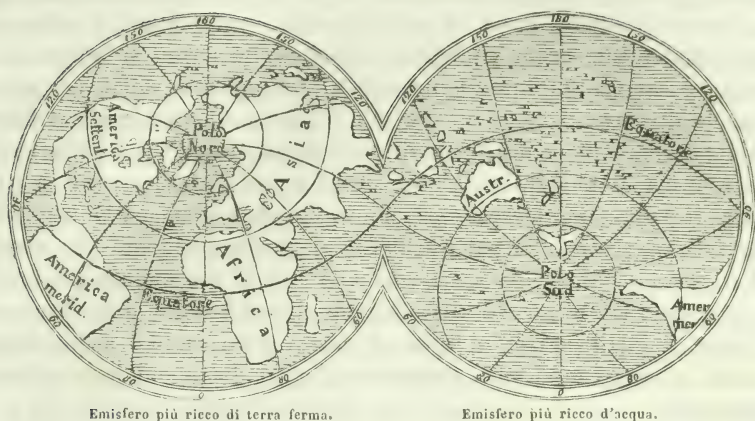
**123. Distribuzione generale delle terre e dell' acqua.** — Si può dividere il globo in due emisferi in tal modo, che l'uno d' essi comprenda la maggior quantità di terra ferma, e l' altro la maggior quantità d'acqua. Il primo ha il suo centro sulla costa meridionale dell'Inghilterra, l'altro nella Polinesia. Se un osservatore potesse innalzarsi direttamente sopra il primo di questi due punti, in modo da comprendere collo sguardo un intero emisfero del globo, egli vedrebbe tutta l'Europa, l'Asia, l'Africa, l'America settentrionale e gran parte dell' America meridionale: e le sole terre che rimarrebbero nell'altro emisfero sarebbero la parte meridionale dell'America meridionale, l'Oceania e le isole dell' Arcipelago Indiano.

La figura collocata al principio del capitolo seguente rappresenta i due emisferi ora descritti; ed è la riproduzione d' una figura contenuta nell'Atlante di Geografia fisica di Alessandro Johnston, meritevole d'essere caldamente raccomandato agli studiosi, che desiderano di comprendere meglio i trattati di Geografia fisica (1).

(1) Meno costoso e più facile ad aversi è per noi l'*Atlante pel Cosmos* di Bromme, pubblicato a Stoccarda e già citato nelle aggiunte sull' Europa.

L'Atlante di Johnston è in inglese, questo di Bromme in tedesco ed accompagnato da un testo esplicativo pure in tedesco, ed ambedue sono fatti sul modello di quello più celebre di Berghaus, esso pure in tedesco.

L'atlante del Bromme consta di 42 tavole disegnate esattamente, con sufficiente chiarezza e con qualche eleganza, delle quali le prime tre rappresentano gli emisferi celesti, le costellazioni, il sistema polare, i pianeti, i movimenti della luna, ed altri fatti relativi all'*Astronomia*; la 5.ª la terra in generale considerata sotto varii aspetti, e la 6.ª le più rimarchevoli altezze dei monti. Le tavole 7, 8, 9, 10, 11 e

Emisfero più ricco di terra ferma. Emisfero più ricco d'acqua.

Distribuzione dell'acqua e delle terre sul globo.

Le terre occupano $\frac{266}{1000}$ della superficie terrestre, le acque $\frac{734}{1000}$.

## VIII.

## FIUMI E LAGHI.

**124. Formazione dei fiumi.** — La principale origine di tutti i fiumi è l'evaporazione dell'acqua del mare. La superficie del mare, che abbiam già detto altrove essere tre volte quella di tutte le terre insieme unite, va soggetta ad una continua evaporazione, nella quale l'acqua pura si trasforma lentamente in vapore e abbandona il sale e le altre sostanze solide che tiene in soluzione. I vapori così formati s'innalzano nell'atmosfera, si mescolano ad essa e vengono tras-

12 si riferiscono alla *Geologia*, contenendo la distribuzione dei sistemi di montagne, parecchie carte geologiche e la distribuzione geografica dei vulcani. La 13.ª e la 14.ª si riferiscono al *magnetismo terrestre*; la 15.ª, la 16.ª, la 17.ª e la 18.ª all'*idrografia*, cioè alle maree, alle correnti marine, ai venti marini, ai fiumi, ai laghi ecc; la 19.ª, la 20.ª e la 21.ª all'*aria*, cioè alle linee isotermiche, alle linee isobariche (delle eguali pressioni barometriche), alla umidità atmosferica ed alla pioggia nei diversi paesi. Dalla 22.ª alla 30.ª rappresentano l'Europa, l'Asia, l'Africa e l'America, e più particolarmente la Germania e l'Europa meridionale, avendo riguardo alle regioni montuose, alle catene di montagne ed alle pianure. La distribuzione geografica delle piante è rappresentata dalla tavola 31, quella degli animali dalle tavole 32 e 33, e quella delle razze umane dalla tavola 34. Le tavole 35, 36

portati in una direzione o in un'altra dalle correnti atmosferiche; e quando la temperatura s'abbassa o agisce l'elettricità si condensano in vapore visibile, ossia in nubi. Queste vanno alla lor volta ad accumularsi intorno ai punti più elevati delle terre, si addensano lungo le catene montuose e intorno alle montagne isolate, e sotto l'azione di correnti aeree ancora più fredde o del freddo stesso delle nevi perpetue si condensano maggiormente e ricadono sulla terra sotto forma di pioggia o di neve. Dell' acqua che viene così a bagnare il suolo, una piccola parte si evapora di nuovo, ma la maggior parte d'essa scorre alla superficie del suolo verso i luoghi più bassi, od è assorbita dal suolo stesso, ed alla fine si raccoglie a produrre le sorgenti, i torrenti e i ruscelli, che riunendosi fra loro formano i fiumi, i quali vanno a finire al mare, dove la loro acqua ricomincia ad evaporarsi ed a produrre gli altri fenomeni fisici or ora accennati.

**125. Effetti d'una catena montuosa isolata.** — Quando un tratto di paese, circondato da ogni parte dal mare, è attraversato da un'alta catena di montagne, l'acqua che ha origine dalle pioggie o dalle nevi discende pei due lati della catena, formando de'piccoli ruscelli, che unendosi fra loro formano dei ruscelli più grandi, dei fiumicelli e finalmente dei fiumi. E questi, seguendo il declivio e la direzione delle valli, scendono da una parte e dall'altra della catena sino al mare. In tal caso la generale direzione dei fiumi forma di solito un angolo retto con quella della catena montuosa che attraversa il paese, la loro rapidità è proporzionale alla maggiore o minore inclinazione generale del suolo, e la lunghezza dipende dalla distanza della cresta della catena dall' una o dall' altra costa.

**126. Esempii nell' antico continente e nell' America meridionale.** — Un grandioso esempio di questo fatto è offerto da tutto l' antico continente, il quale, com' è già stato detto altrove, è attraversato da levante a ponente da una zona montuosa, che scorre molto più vicino alle coste meridionali che alle settentrionali. I fiumi infatti, che scendono verso mezzodì, sono generalmente brevi e

e 57 rappresentano varie scene e diversi fenomeni singolari, come deserti, foreste vergini, montagne di granito, pianure, aurore boreali, trombe marine, ecc. E finalmente, le ultime cinque tavole si riferiscono alla *Geografia storica*, rappresentando il mondo noto agli antichi, i viaggi d' Alessandro il Grande, l'Impero Romano, le vie di commercio degli antichi e le recenti scoperte marittime.

Sarebbe a desiderarsi che qualche editore italiano riproducesse questo Atlante nella nostra lingua, e venisse così a rendere più facile e per conseguenza anche più popolare lo studio della Geografia fisica. (*N. del Trad.*)

rapidi, mentre quelli che si dirigono al nord percorrono pianure estesissime, e vanno al mare molto lenti e per un corso molto più lungo.

Un altro esempio ci è presentato dall'America meridionale. La catena delle Ande l'attraversa tutta da nord a sud, molto più presso alle coste occidentali che alle orientali, e quindi dà origine verso occidente a fiumi brevi e rapidi, e verso oriente a fiumi veramente giganteschi e lentissimi.

Nella parte più settentrionale delle Ande la principale catena si divide in parecchie catene minori e parallele, che producono un sistema complicato di gole e di valli, per le quali le acque scorrono in diverse direzioni, così che ai fiumi verso levante e verso ponente altri se ne aggiungono, che vanno verso tramontana o verso nord-est, a terminare nel mare dei Caraibi (1).

**127. Effetti delle catene parallele.** — Quando un paese è attraversato da due catene parallele, i loro fianchi che vengono a toccarsi formano una valle più o meno grande; e quindi l'acqua, discendendo per questi fianchi fino al punto più depresso dove essi si incontrano, forma delle correnti, che vengono a riunirsi sul fondo della valle intermedia, e vi formano un fiume unico, il quale si scava un letto in questa valle e scorre parallelamente alle due catene montuose fino a che giunge al mare.

**128. Portata dei fiumi.** — Nell'ascendere un fiume, ossia nel percorrerlo contro la corrente, si trova, com'è da aspettarsi, che la quantità dell'acqua va mano mano diminuendo, quanto più grande è la distanza dalla foce; perchè la quantità totale dell'acqua che forma un fiume dipende dal numero dei tributarii, e mano mano che si ascende verso l'origine del fiume principale, va sempre diminuendo il numero dei tributarii che gli forniscono l'acqua.

**129. Tributarii dei fiumi più grandi.** — Quando un fiume è assai lungo e ricco d'acqua, anche i suoi tributarii principali sono fiumi di molta grandezza ed importanza; e talvolta si chiamano tributarii certi fiumi, che sono più grandi di altri, i quali vengono considerati come fiumi principali.

**130. Esempio del Missuri.** — Così, per esempio, il Mississipi riceve come tributarii dei fiumi di molta grandezza e importanza,

(1) Con proporzioni infinitamente più piccole, ma altrettanto chiaro è l'esempio offerto dall'Italia peninsulare, della quale abbiamo già veduto in addietro che i fiumi verso l'Adriatico sono molto più brevi e rapidi di quelli verso il Mediterraneo.

(*Nota del Trad.*)

quali sono il fiume Rosso, l'Arkansas, l'Ohio, il Missuri e l'Illinois. Ed anzi, se fosse legge generale che quando due fiumi vengono ad incontrarsi e formano un fiume unico, il maggiore dei due dovesse considerarsi come il ramo principale, e quindi dovesse ricevere il nome stesso del fiume risultante dalla loro unione, si dovrebbe chiamare Missuri il Mississipi superiore, e Mississipi superiore il Missuri, perchè il fiume che riceve quest'ultimo nome è molto più grande ed importante dell'altro.

**131. Spartiacque**. — Non è a credersi che il bacino d'un fiume consista sempre in una vera valle, formata da due superficie molto inclinate, le quali vengano a toccarsi ed a formare un angolo nel centro della valle, e che sia sempre limitato tutt'all'intorno da catene montuose di altezza considerevole; ma spesso si trova che la inclinazione è quasi nulla o quasi impercettibile, e che la linea culminante, che forma i limiti d'un bacino e divide quindi le acque fluenti in un bacino da quelle scorrenti nei bacini circostanti, ha un'altitudine appena sensibile, e incomparabilmente più piccola di quella delle montagne (1).

**132. Portage**. — Quando la navigazione d'un fiume è impedita per un certo tratto da cascate, da rapide, da scogli o da altri simili ostacoli, quel tratto di fiume, pel quale è necessario portare in altri modi le mercanzie e talvolta anche le barche e i bastimenti, a fine di raggiungere l'altra parte navigabile, vien detto dagli Inglesi *portage* (2).

**133. Fiumi dell'America settentrionale**. — Essendo questa parte del nuovo continente attraversata da due principali catene montuose, che sono le Montagne Rocciose e gli Allegani, e che sono prossimamente parallele, essa rimane divisa in tre zone, le quali vanno da tramontana a mezzodì, trovandosi quella di mezzo rac-

(1) Questa linea che divide un bacino idrografico da un altro è detta *Spartiacque.*

Da questo si vede anche come vadano errati quei geografi, che nel disegnare le carte geografiche indicano a loro talento delle catene di montagne in ogni luogo ove si trovi una divisione fra due diversi bacini idrografici.

Dobbiamo poi anche aggiungere che le catene montuose non soltanto non limitano sempre i bacini dei fiumi, ma bene spesso scorrono in varie direzioni nei bacini stessi, così che i fiumi le attraversano, passando per gole o valli strettissime. Il Rodano, l'Elba, il Reno ed altri fiumi europei attraversano a questo modo altrettante catene montuose, come si può vedere dalle aggiunte relative alla Geografia fisica dell'Europa. (*Nota del Trad.*)

(2) E, per quanto sappiamo, non c'è in italiano un vocabolo generalmente ricevuto, che corrisponda a questo nome straniero.

(*Nota del Trad.*)

chiusa fra le due catene montuose succitate, l'orientale fra gli Allegani e l'Atlantico, e l'occidentale fra le Montagne Rocciose e il Pacifico. E la diversa inclinazione di queste zone rispetto ai punti cardinali della terra dà origine a tre differenti direzioni nei fiumi che le percorrono.

**134. Fiumi della zona orientale.** — I fiumi che sono formati dalle acque scorrenti sul fianco orientale degli Allegani si dirigono ad oriente, verso l'Atlantico, ed essendo piccola la distanza di quei monti dal mare, e quasi piana la superficie fra questo e quelli, la lunghezza dei fiumi non è grande, e piuttosto rapide sono le loro correnti.

**135. Fiumi della zona occidentale.** — Altrettanto si deve dire delle acque che scendono dal fianco occidentale delle Montagne Rocciose, e formano una serie di fiumi, i quali vanno verso ponente a sboccare nel Pacifico.

**136. Il Mississipi e i suoi tributarii.** — La grande estensione del bacino che è chiuso fra le catene degli Allegani e delle Montagne Rocciose, e il suo prestarsi assai bene alla coltivazione gli danno un'importanza assai grande, che è immensamente aumentata dalla grande lunghezza dei tratti per cui sono navigabili i fiumi che l'attraversano.

**137.** Lo scolo delle acque, che gli Inglesi chiamano in genere *drainage*, forma sul versante occidentale degli Allegani e sul versante orientale delle Montagne Rocciose due distinti sistemi di fiumi, il primo dei quali scorre da levante a ponente, ed il secondo da ponente a levante, sino a che congiungono le loro acque nel centro del bacino; e le acque così unite formano un fiume, che scorre da nord a sud, e che va crescendo in larghezza e facendosi più ricco d'acqua quanto più s'avanza verso mezzodì, in proporzione del numero e della portata dei tributarii che riceve da ambedue le rive. Questo fiume centrale è il Mississipi, e dà il nome a tutta l'intera vallata che si stende dal Golfo del Messico, in cui si perdono le sue acque, sino ai grandi laghi settentrionali.

**138. Fiume Rosso, — Arkansas, — Ohio.** — La città di Nuova Orleans è costruita sul punto in cui si separano i rami che formano il Delta del Mississipi, a circa cento miglia dalle foci. Rimontando il fiume da questo punto si vedono successivamente i suoi tributarii, il primo dei quali è detto *Fiume Rosso* (*Red River* degli Inglesi), e scendendo dalle Montagne Rocciose, viene per la riva destra a sboccare nel Mississipi. Quello che s'incontra poco dopo è l'*Arkansas,* anch'esso sulla riva destra, e riceve alla sua volta pa-

recchi tributarii, fra i quali si annoverano il Canadian, il Red-Fork, il Salt-Fork, ecc. Un poco più in alto giungesi all'*Ohio,* che viene per la riva sinistra da levante, dopo avere attraversato una grande estensione di terreno, e ricevuto parecchi tributarii importanti, quali sono il Cumberland, il Tennessee, il Wabash, ecc. L'Ohio trasporta quasi tutte le mercanzie degli Stati di Tennessee, Kentucky, Virginia, Ohio, Indiana e Illinois, e della parte occidentale della Pensilvania; bagna Pittsburgh, Cincinnati e Louisville, e i suoi tributarii passano per le principali città degli Stati or ora nominati; ed è navigabile coi battelli a vapore più grandi dalla sua foce nel Mississipi sino a Pittsburgh.

**139. San Luigi.** — Ritornando alla confluenza dell'Ohio e del Mississipi e continuando a rimontare quest'ultimo fiume giungesi a *S. Luigi*, città importantissima, che un giorno diverrà probabilmente la capitale di tutta la gran valle del Mississipi, ossia della parte occidentale degli Stati Uniti, ed avrà per suo porto la città di Nuova-Orleans. Già si vedono schierati lungo le rive del fiume centinaia di battelli a vapore di ogni forza e grandezza, che fanno regolarmente e di continuo le corse fra questa città e Nuova Orleans, per l'esportazione dei prodotti dell'interno e l'importazione di innumerevoli articoli provenienti da altri paesi.

**140. Illinois, Missuri e Mississipi superiore.** — Appena sopra S. Luigi trovasi la confluenza di tre fiumi, uno dei quali viene dal nord-est, l'altro dal nord e il terzo, che è il più importante, dal nord-ovest. Il primo è l'*Illinois;* il secondo, quantunque più piccolo del terzo, è tenuto dai geografi per il ramo superiore e principale del Mississipi, e quindi chiamato *Mississipi superiore;* e il terzo è il *Missuri,* considerato come semplice tributario.

L'*Illinois* discende attraverso lo Stato dello stesso nome, in direzione sud-ovest, ed è navigabile fino a una grande distanza dalla sua foce, fino al punto ove si connette per mezzo di un canale col Lago Michigan a Chicago. Esiste così una continua comunicazione per via d'acqua fra Nuova Orleans e i laghi settentrionali, e per mezzo di questi col fiume San Lorenzo e coll'Atlantico.

**141. Sorgenti del Mississipi.** — Ascendendo il fiume principale dal suo punto di confluenza col Missuri, dopo aver passato parecchii tributarii di minore importanza si giunge alla cascata di S. Antonio, che è il limite ove il fiume cessa d'essere navigabile. Al di là di questa si trova l'origine del Mississipi in un piccolo lago, detto lago Istaca e situato presso ai limiti settentrionali degli Stati Uniti ed a poca distanza dal lago Superiore.

**142. Il Missuri e i suoi tributarii.** — Ritornando al punto di confluenza del Mississipi col Missuri, e rimontando quest'ultimo fiume trovasi una serie innumerevole di tributarii, distinti con altrettanti nomi, Smoky-hill-fork, Republican-fork, Platt-river, White-river, Jellow-stone-river, ecc., finchè si giunge a pochi fiumi confluenti, le cui origini si perdono nei fianchi orientali delle Montagne Rocciose.

Come si vede nell'unito quadro figurativo generale dei fiumi principali, la totale lunghezza del Mississipì e del suo principale tributario è stimata di 4500 miglia.

**143. Rio delle Amazzoni.** — Tra i fiumi dell'America meridionale che scendono dal fianco destro delle Ande e vanno a sboccare nell'Atlantico il più importante è quello chiamato Rio delle Amazzoni. Considerato geograficamente è il più grande di tutti i fiumi. La sua totale lunghezza, dalla bocca alla sorgente d'uno dei suoi mille tributarii, è minore di quella del Mississipi, misurata allo stesso modo, ma i suoi tributarii vincono quelli del Mississipi in numero, estensione e profondità.

Questo fiume immenso e i suoi innumerevoli affluenti scorrono per una vastissima pianura, fra l'altipiano del Brasile, le Ande e una catena di montagne che s'innalza nell'altro altipiano, che è al nord, e che è detto di Parima. Riceve i suoi tributarii da quell'estesissima serie di eminenze che circondano siffatta pianura, cioè dall'altipiano del Brasile, dalle Ande del Perù e di Quito, e dall'altipiano di Parima.

La pianura e le circostanti eminenze, che forniscono le acque al Rio delle Amazzoni hanno un'area che è poco meno di 3,000,000 di miglia quadrate, ossia dieci volte quella dell'impero francese.

Il ramo più importante di questo fiume, che si considera come la parte superiore del fiume principale, riceve il nome di Maranon, che talvolta vien dato anche a tutto il fiume. Il fiume principale e i suoi tributarii sono navigabili sino a circa 2500 miglia dalla foce nel mare, e la sua larghezza, sempre assai grande, ma di circa 100 miglia presso alla foce, lo fa rassomigliare più ad un mare che ad un fiume.

**144. I tributarii del fiume delle Amazzoni** sono così grandi che i geografi non sono d'accordo sulla scelta di quello che debba considerarsi come il ramo superiore del fiume principale, così che il nome di Rio delle Amazzoni è limitato a quella parte del fiume che è formata dalla confluenza di tutti i tributarii più importanti, ossia alla parte fra il mare e il punto in cui confluisce in essa il Rio Negro.

Uno sguardo gettato sopra una buona carta geografica di questa parte dell'America meridionale farà comprendere la distribuzione di questo fiume e dei suoi tributarii meglio di qualunque descrizione verbale. I tributarii più considerevoli sono più di venti, e tutti navigabili sin quasi alle loro sorgenti.

Ad onta della sua superiorità geografica e della vasta estensione d'acque navigabili che possiede il Rio delle Amazzoni, esso è inferiore al Mississipi in riguardo all'importanza commerciale, giacchè i paesi che sono da lui attraversati sono foreste naturali e regioni poco note e inabitate.

**145. L'Orenoco,** che è un altro dei grandi fiumi dell'America meridionale, raccoglie le acque della vallata compresa fra l'altipiano di Parima, la catena orientale delle Cordigliere, e l'altipiano di Caracca. Ha la sua sorgente presso a quella del Rio Negro, scorre dapprima verso tramontana, poscia verso levante, e scarica le sue acque nell'Atlantico, attraverso un delta, presso al mare dei Caraibi, dicontro all'isola della Trinità.

**146. Rio della Plata.** — Il terzo gran fiume dell' America del Sud è quello che presso la sua origine è detto Parana, e termina col nome di Rio della Plata. Mette le sue acque nell' Atlantico meridionale, presso Buenos-Ayres, dopo aver percorsa l'estesissima vallata compresa fra le Ande del Chilì e le montagne del Brasile. La sua lunghezza è stimata di 2700 miglia, e per circa 200 miglia al disopra della foce non ha mai una larghezza minore di 170 miglia.

**147. Il sistema fluviale dell' Europa** è inferiore a quello del nuovo continente sotto l'aspetto geografico, ma superiore per l' importanza commerciale e sociale. Fatta eccezione di parecchie linee di comunicazione per acqua esistenti negli Stati Uniti, non v' ha altro luogo sulla terra che presenti uno spettacolo di movimento commerciale e sociale migliore di quello offerto dai fiumi d'Europa. La poca inclinazione dei bacini dai quali hanno origine tali fiumi e la generale uniformità delle pianure percorse da essi fiumi sono eminentemente favorevoli alla loro commerciale utilità.

Nella parte occidentale dell' Europa è la catena delle Alpi e delle montagne germaniche che forma il rialzo, dai cui fianchi scendono i fiumi verso tramontana e verso mezzodì per scorrere da una parte all' Atlantico e dall'altra al Mediterraneo e al Mar Nero. Nella parte orientale non v'è alcuna catena montuosa che divida le acque, ma una piccola e impercettibile elevazione della pianura produce due opposti pendii, cominciando da una serie di basse colline che

separano le sorgenti del Dnieper da quelle della Vistola, e stendendosi attraverso la pianura fino al rialto di Valdai, che non s'innalza a più di 1200 piedi sul livello del mare. Di là la zona elevata volge al nord, verso il lago Onega, e poi va a raggiungere la catena degli Urali, a 62 gradi di latitudine boreale. — Lo scolo delle acque pel declivio settentrionale di questo rialzo forma i fiumi che vanno al mar Baltico ed al mar Bianco, e quello del sud alimenta i fiumi che terminano al mar Nero e al mar Caspio.

**148. Quadro generale dei principali fiumi del globo.** — I principali fiumi del nostro globo coi loro tributarii più importanti, colle loro sorgenti e foci, e colle loro rispettive lunghezze in miglia inglesi, sono rappresentati in un quadro generale collocato al principio del capitolo seguente.

## AGGIUNTA DEL TRADUTTORE

### sulle acque dolci delle varie parti della terra.

**Pioggia e nevi.** — Essendo l'evaporazione prodotta dal calore, e dipendendo la formazione delle nubi, i loro movimenti, la loro trasformazione in pioggia e in neve dai movimenti e dalla temperatura dell'atmosfera è naturale il credere che la pioggia e la neve siano molto inegualmente distribuite alla superficie della terra; e la cosa è realmente così.

Tra i tropici le pioggie seguono il corso del sole, e da ciò hanno origine una stagione asciutta ed una stagione piovosa per ciascun anno. Piove molto più fra i tropici che nelle zone temperate, ma in queste sono più numerosi i giorni piovosi. Sul mare, nella regione dei venti alisei, che forma una zona fra i tropici, piove di rado; ma nell'angusta zona che è nel mezzo di essa, poco al nord dell'equatore, e che vien chiamata dei venti variabili, la pioggia è quasi perenne, e assai spesso accompagnata da lampi e tuoni e burrasche. Fra i tropici è raro che piova di notte, mentre nelle zone temperate piove più sovente durante la notte che nel giorno.

Nelle parti più meridionali dell'Europa e nel nord dell'Africa piove più in inverno che nelle altre stagioni, ed è raro che piova in estate; nelle altre parti dell'Europa invece la pioggia è più abbondante in autunno o in estate.

La quantità di pioggia decresce coll'ascendere dalle pianure agli altipiani, ma aumenta nel salire dalle pianure alle vette dei monti; decresce eziandio mano mano che si procede dalle coste verso l'interno dei continenti. In una zona che comprende i deserti di Sahara e di Libia, l'Egitto, l'Arabia, la Persia e l'Asia centrale, in un piccolo tratto dell'America centrale, e sul fianco occidentale delle Ande, non piove mai, essendo l'umidità atmosferica trattenuta dai monti circostanti e specialmente da quelli che si trovano a levante dei luoghi citati; perchè i venti alisei (prodotti dal continuo urtare dei corpi terrestri contro l'aria atmo-

sferica che non ruota così rapidamente come la terra), soffiando da oriente verso ponente, portano i vapori del mare contro i fianchi orientali delle catene montuose, per l'azione del freddo ve li depongono in forma di pioggia o di neve, e arrivano quindi privi di umidità sui paesi più occidentali, finchè giungono a riceverne di nuova da altri mari.

Negli Atlanti di Geografia fisica trovansi delle carte *ietografiche*, che rappresentano le distribuzioni geografiche della pioggia sulla superficie del globo. Sono lasciate in bianco le regioni sempre senza pioggie, e le altre hanno tinte tanto più scure, quanto più abbondanti vi sono le pioggie; e così riesce facilissimo farsi un'idea generale di quanto si riferisce alla geografia della umidità atmosferica e della pioggia.

**Sorgenti.** — La massima parte dell'acqua proveniente dalle pioggie e dalle nevi penetra nel suolo e vi si approfonda, finchè trova qualche strato di tal materia, che sia impenetrabile e la trattenga; sopra questo strato si forma così un velo d'acqua, il quale può essere trovato artificialmente per mezzo di *pozzi* più o meno profondi, ma più spesso giunge naturalmente a trovare uno sfogo, là dove lo strato impermeabile raggiunge alla superficie del suolo, e vi forma una serie di *sorgenti naturali.*

La profondità alla quale si trovano questi veli d'acqua è assai varia. In Lombardia, per esempio, le acque sotterranee più vicine alla superficie del suolo, che in generale si chiamano *àves* nel dialetto milanese, trovansi alla profondità di 2 a 4 metri nelle giaciture regolari della pianura media, e la loro profondità va generalmente diminuendo verso mezzodì e aumentando verso tramontana, così che nella bassa pianura sono comunissimi i così detti *fontanili*, sorgenti continue che danno alimento ai ruscelli ed ai fiumi, e servono benissimo all'irrigazione; mentre nell'alta pianura il suolo è asciutto e spesso bisogna fare i pozzi profondi 15, 20, 30 e talvolta perfino 60 metri per raggiungere un velo d'acqua abbastanza costante e copioso; ciò che è ampiamente descritto nelle *Notizie naturali e civili sulla Lombardia* raccolte da Carlo Cattaneo.

La stessa cosa si osserva nel Piemonte e nel Veneto.

Le falde degli Apennini modenesi sono ricchissimi di acque sotterranee, trattenute da quelle argille azzurrognole che costituiscono le colline subapennine; ed anzi i veli d'acqua vi si trovano così disposti, che, forando il suolo con pozzi, l'acqua s'innalza in essi con tal forza da formare un getto al dissopra del livello del suolo. Questi appartengono ai così detti *pozzi artesiani*, che ebbero questo nome dai Francesi, perchè egualmente comuni nella provincia francese dell'Artois, ma che realmente si potrebbero e forsanche si dovrebbero per la stessa ragione chiamare *pozzi modenesi*. Si tentò di farne anche in altre parti d'Italia, come per esempio, a Venezia, nella Romagna (Bolognese ed altre provincie vicine, fra gli Apennini e il mare), in Toscana, nella pianura di Napoli, ecc., ed altri molti ne esistono al di là delle Alpi, in Francia e in Germania, e fra essi è più celebre quello di Grenelle a Parigi, profondo 546 metri, e con un getto d'acqua alto 20 metri sopra il livello del suolo.

L'acqua delle sorgenti acquista la temperatura degli strati per dove passa, e si trova tanto più calda quanto più profondo è lo strato da cui proviene. Essa inoltre discioglie le sostanze per le quali scorre, e forma così le sorgenti salate, medicinali, ecc.

**Straripamenti dei fiumi.** — Frequentissimi sono nei fiumi gli straripamenti, e sono ora regolari ed ora irregolari. Nelle zone temperate avvengono per le soverchie pioggie autunnali o per lo sciogliersi repentino delle nevi sui monti in primavera. Il Po ne è un esempio a tutti noto.

Nella zona torrida gli straripamenti sono periodici, avvengono regolarmente nella stagione delle pioggie, e quasi sempre depongono del limo che rende fertili i paesi inondati. Ed è da osservarsi che, per effetto della differenza delle stagioni nei due emisferi settentrionale e meridionale, nei fiumi della zona torrida al nord dell'equatore (per esempio, il Nilo, l'Orenoco, l'Indo, il Gange, ecc.) l'inondazione giunge al suo colmo verso l'equinozio d'autunno e in quelli al sud dell'equatore (per esempio, il Rio delle Amazzoni, il Rio della Plata, ecc.), la massima elevazione ha luogo verso l'equinozio di primavera.

Nella zona fredda avvengono pure delle inondazioni, ma per tutt'altra causa. I fiumi che attraversano le pianure settentrionali dei due continenti, scorrendo da mezzodì a tramontana, e sboccando nel mar Glaciale Artico, possono essere interamente gelati in inverno, ma in primavera sgelano nelle loro parti più meridionali prima che nelle altre, e quindi l'acqua prodotta dal loro sgelo e da quello delle nevi delle pianure e dei monti, avanzandosi verso settentrione, nè potendo scorrere sino al mare a motivo del fiume ancora gelato nelle parti più settentrionali, si estende lateralmente ed allaga ampiamente le pianure circostanti.

**Europa.** — Come è detto anche nel testo, v'hanno due sistemi idrografici in Europa, quello dei fiumi che scorrono verso il Nord, e quello dei fiumi che vanno verso il Sud; e sono suddivisi in bacini minori, tra i quali i più importanti sono quelli del Volga e del Danubio. Il primo ha un'area di 640,000 miglia quadrate, e il suo fiume è navigabile per 1900 miglia, e per mezzo di canali è messo in comunicazione con quelli che sboccano nel mar Baltico e nel mar Bianco. Il Danubio raccoglie le acque da 300,000 miglia quadrate, scorre per 2400 miglia, ed è veleggiabile per 600 miglia. L'Olanda è una pianura bassissima, tutta attraversata da fiumi e canali. Il Rodano è unito per mezzo d'un canale col Reno, e così v'ha una comunicazione continua per via d'acqua fra il Mediterraneo e il mare del Nord, attraverso al Continente. Abbiamo già veduto in addietro i sistemi fluviali dell'Italia.

**Africa.** — Abbiamo pure già veduto che l'Africa è relativamente povera di fiumi. Tuttavia ne ha parecchi, e navigabili per molte loro parti. Il Nilo, di cui non sono ancora ben note le origini, è formato dal fiume Bianco o Bahr-el-Abiad e dal fiume Azzurro o Bahr-el-Azrek, che ricevono nel loro corso molti affluenti, hanno molte cateratte, ecc.; ma da Taccazie al Mediterraneo, pel corso di 1200 miglia, non riceve più neanche un ruscello, scorrendo dapprima ora per pianure ed ora fra alte montagne, e formando varie cateratte e rapide, e poi progredendo regolare e navigabile fino al mare. In aprile comincia a gonfiarsi in Abissinia e nel Sennaar; ed al Cairo non comincia che al solstizio d'estate, giunge alla sua massima altezza in ottobre, poi si riabbassa, e in aprile e maggio ha la sua massima bassezza. — Il Niger è assai bello, scorre per paesi ricchissimi, è navigabile per moltissime miglia; il clima di quei paesi e la selvatichezza delle popolazioni ne tengono lontani gli Europei.

**Asia.** — L'Eufrate e il Tigri sono i fiumi principali dell'Asia occidentale, ricevono le acque da una superficie di 250,000 miglia quadrate, attraversano i paesi di Ninive e di Babilonia, e si uniscono a formare un sol fiume 150 miglia prima di sboccare nel Golfo Persico. Hanno piene regolarissime, che giungono al loro massimo nel giugno.

Dall'Asia centrale scendono in tre diverse direzioni i fiumi dell'India, della China, e della Siberia. L'Indo è formato da cinque fiumi principali (d'onde venne alla pianura da lui percorsa il nome di Pengiab o pianura dei cinque fiumi), scorre sino al mare senza ricevere alcun affluente, e termina con un delta,

nei cui rami fluviali le maree ascendono con gran forza, portando seco gran quantità di limo e di sabbia. È lungo 1500 miglia; raccoglie le acque da una superficie di 400.000 miglia quadrate; ed ha esso pure le inondazioni periodiche.

Il Gange e il Brahmaputra nascono, come l'Indo, dall'Imalaia e terminano in un delta comune. Il Gange ha la prima origine in una massa d'acqua, larga 50 braccia, che prorompe da una immensa caverna in un muro verticale di ghiaccio. Anche questi due fiumi producono innondazioni periodiche.

Vari fiumi quasi paralleli scendono dall'altipiano del Tibet e percorrono la penisola dell'Indochina; e sono specialmente: l'Irravadi nell'impero Birmano, il Menam nel Siam, e il Cambogia nell'impero d'Annam. Anch'essi fecondano colle loro inondazioni i paesi percorsi.

Cinque grandi fiumi vengono dal declivio orientale dell'altipiano del Tibet, e scorrono le pianure chinesi, l'Hong-Kiang, l'Yang-tse-Kiang o figlio dell'Oceano, l'Oang-Ho o fiume Giallo, il Pee-Ho o fiume Bianco, e l'Amur. Numerosi canali e altre ramificazioni di questi fiumi attraversano ed irrigano le fertilissime pianure della China.

Il Lena, l'Ienissei e il doppio sistema dell'Irlish e dell'Obi raccolgono le acque del versante settentrionale dell'Asia centrale, e quelle di tutta la pianura della Siberia. Scorrono ora tra campagne, ora per selve ed ora fra sponde di fango gelato, nel quale sono sparsi i cadaveri ancora conservatissimi di elefanti e di rinoceronti; formano immensi laghi e paduli presso le foci, quando si sciolgono le nevi nelle parti più meridionali della Siberia; ma sono gelati annualmente per molti mesi.

**America.** — Non volendo scendere a troppi particolari, v'ha poco ad aggiungere a quanto ha detto il chiarissimo Autore intorno ai fiumi d'America.

Dal rialto che forma il centro dell'America settentrionale, che non s'eleva a più di 1200 o 1500 piedi, e che contiene i grandi laghi, scendono verso settentrione il Makenzie che va al mar Glaciale e molti fiumi minori che vanno alla Baja d'Hudson, verso levante il fiume San Lorenzo, ed a mezzodì i tributarii del Mississipi.

Il San Lorenzo unisce i quattro grandi laghi, forma tra il lago d'Erie e l'Ontario la famosa cascata del Niagara, e va a sboccare nell'Atlantico settentrionale in faccia all'isola di Terra Nuova.

L'Oregon o Colombia che scende dalle Montagne Rocciose, il Sacramento, che attraversa la California, il Rio Colorado, che sbocca nel golfo di California, sono i principali fiumi delle coste orientali, e conducono le loro acque al Pacifico. Un altro fiume Colorado e il Rio Bravo o del Norte sono i principali che vanno dall'altipiano del Messico al Golfo dello stesso nome.

Nell'America meridionale, oltre all'Orenoco, al Rio delle Amazzoni e al Rio della Plata, sono degni di menzione anche la Maddalena, che scende fra le Cordigliere e termina nel mare dei Caraibi, il San Francisco, che raccoglie le acque di gran parte dell'altipiano del Brasile e le versa nell'Atlantico, e l'Uruguai, che attraversa le pianure dello stesso nome, e sbocca nel gran Golfo, che alcuni considerano come l'ultima parte del Rio della Plata, fra Buenos-Ayres e Montevideo. Abbiamo già parecchie volte fatto cenno delle inondazioni periodiche di tutti i fiumi dell'America merdionale, che giungono al massimo in agosto per l'Orenoco, perchè trovasi al nord dell'equatore, e nel marzo per le Amazzoni e la Plata, perchè collocati al sud dell'equatore. Il Rio Negro, nella Patagonia, ne ha due all'anno, una per le pioggie, l'altra per lo sciogliersi delle nevi nelle Ande.

Sono degne di rimarco le comunicazioni che già si trovano naturalmente o che si potrebbero fare artificialmente fra i diversi fiumi dell'America meridionale.

Il fiume Cassiquiare si può considerare come un canale naturale, che mette in comunicazione l'Orenoco col fiume delle Amazzoni; un canale di poca lunghezza potrebbe unire quest' ultimo col Rio della Plata; ed un altro ancora più breve, di sole tre miglia, basterebbe a unire lo stesso fiume delle Amazzoni coll'Essequibo, fiume navigabile della Guiana, ossia dell' altipiano di Parima; così che si potrebbe facilmente percorrere in barca gran parte dell' America meridionale.

**Riepilogo — Sistemi idrografici.** — Volendo riassumere la distribuzione geografica dei fiumi rispetto ai mari in cui sboccano, troviamo che l'Atlantico colle sue ramificazioni del Baltico, del Mediterraneo e del Mar Nero riceve le acque da gran parte dell'America settentrionale e quasi tutta l'America meridionale (S. Lorenzo, Mississipi, Rio del Norte, Maddalena, Orenoco, Amazzoni, Plata, Negro, ecc.), da quasi tutta l'Europa e da quasi tutta l'Africa; che il Mar Glaciale Artico riceve le acque dell' Europa più settentrionale, della Siberia e della parte boreale dell'America del Nord; che nell'Oceano Indiano vanno le acque delle coste orientali dell' Africa, della zona meridionale dell' Asia, dell'Arcipelago Indiano e di gran parte delle coste della Nuova Olanda; che il Pacifico raccoglie quelle del versante orientale dell' Asia centrale, e di tutte le coste occidentali delle due Americhe; che le acque dell'Asia occidentale vanno a riunirsi nel Mar Caspio; e finalmente, che il centro dell'Asia e la zona deserta dell'Africa formano due grandi regioni, nelle quali o non cade mai pioggia, o vien assorbita dal suolo senza produrre fiumi, o dà origine a pochi fiumi e laghi affatto continentali e senza alcuna comunicazione col mare. Del che è facile farsi un' idea, guardando una delle carte degli Atlanti di Geografia fisica più sopra citati.

**Laghi.** — Le maggiori depressioni del suolo dei continenti sono di solito piene d'acqua e trasformate in laghi, i quali sono quasi tutti alimentati da fonti che sgorgano dal fondo, e talora sono l'origine dei più grandi fiumi. Alcuni non hanno nè affluenti nè emissarii; il maggior numero ha gli uni e gli altri.

Vi sono più laghi nelle latitudini elevate che nelle basse, perchè in queste ultime è maggiore l'evaporazione che nelle prime.

Nell'antico continente v'hanno due regioni in cui abbondano specialmente i laghi; la prima comprende l'Olanda e le provincie della Russia verso il Baltico; la seconda i Pirenei, le Alpi, gli Apennini, l'Asia Minore, il Caspio, il lago d'Aral e l'Asia centrale. Intorno al Caspio, che è un immenso lago, e fino all' istmo di Suez v'ha una zona, nella quale abbondano le pianure deserte, coperte di incrostazioni saline, e sparse di laghi d'acqua salsa. Il piccolo lago di Eltonsk, nelle steppe all'oriente del Volga, contiene fino a 29, 15 per cento di materie saline, e quindi vi si può galleggiare senza alcuna fatica. Il mar Morto, il cui livello è circa 1300 piedi sotto quello del Mediterraneo, contiene 26, 24 per cento di materie saline, ha il fondo rivestito di sale e alcune sue sponde formate di colline di sale, e la sua acqua è così acre da irritare la pelle di chi vi si bagna. Il mar Caspio, circa 80 piedi sotto il livello del Mar Nero, non ha marea ed è assai pericoloso perchè frequentissime vi sono le burrasche. Il lago d'Aral è 117 piedi più alto del Caspio, ed esso pure formato d' acqua salsa. L' Imalaia ha pochi e piccoli laghi, ma numerosi sono invece quelli sull' altipiano centrale; e fra essi trovasi il Baikal, che è il maggior lago montano, ha l'altitudine di 1793 piedi sul livello del mare e la forma d'una mezza luna, è chiuso fra montagne altissime, riceve molti fiumi, ed ha per emissario il fiume Angara.

L'Africa ha parecchi laghi estesissimi: nella parte centrale del suo altipiano il N'Yassi o Zambese, lungo alcune centinaia di miglia, il lago N'Gami recentemente scoperto e poco noto, ed altri; nel Sudan e nell' Abissinia parecchi laghi meno

grandi, ma importanti, perchè danno origine ai confluenti del Nilo o ne sono attraversati; sulle frontiere dei deserti molti piccoli laghi salati, ed altri ancora, ma d'acqua dolce, nelle valli dell'Atlante.

I più gran laghi d'acqua dolce sono quelli dell'America Settentrionale, tanto negli Stati Uniti, quanto attorno alla Baja d'Hudson. L'America centrale ha il lago di Nicaragua, ed altri minori. Laghi e paludi in gran copia si formano nelle pianure dell'America meridionale nella stagione delle pioggie, ma di solito scompaiono poco dopo. E molti piccoli laghi, di color verde o azzurro purissimo, e assai freddi, si trovano nelle valli montane e negli altipiani delle Ande; e specialmente è notevole quello di Titicaca, nelle Ande della Bolivia, che ha una superficie di 2225 miglia quadrate, è profondo in alcuni luoghi più di 720 piedi, all'altezza di 12846 piedi al disopra del livello del Pacifico, e quindi più in alto della sommità del picco di Teneriffa; eppure è circondato da pianure che producono frumento, orzo e patate, e da rovine che attestano molta civilizzazione nei popoli che vi abitarono nelle epoche più antiche. Riceve parecchi fiumi, ma ne emette uno solo, il Desaguadero, che va a perdersi nelle vicine pianure sabbiose e in un piccolo lago, detto di Aullagas.

Fiumi dell'emisfero occidentale.

Fiumi dell'emisfero orientale.

## IX.

## CLIMI E STAGIONI.

**149.** Siccome il prevalente carattere del regno animale e del regno vegetale in ogni parte della terra dipende specialmente dal clima, così, prima di passare ad occuparsi di quello, è necessario che ci rendiamo famigliari le circostanze che in ogni parte del globo determinano le varie vicissitudini e la temperatura delle stagioni.

**150. I climi dipendono dalla latitudine, e le stagioni dall'obliquità dell'asse terrestre sull'eclittica.** — La prima e principale causa che determina il clima d'un paese è la sua posizione rispetto all'equatore. È legge generale che quanto più un paese è vicino alla linea (equatore), o, ciò che torna lo stesso, quanto più bassa è la sua latitudine, tanto più alta è la sua temperatura in ogni stagione.

La ragione di questo fatto è in parte fisica e in parte astronomica.

La terra compie ogni giorno un giro sopra un asse, il quale è così disposto, che le parti sotto l'equatore sono ora esattamente ed ora approssimativamente rivolte al sole.

Sono rivolte esattamente a questo luminare, e quindi ricevono verticalmente i suoi raggi, nelle epoche degli equinozii, in marzo e in settembre. Dal marzo fino al giugno esse vanno gradatamente volgendosi al sud, così che l'emisfero boreale si inclina verso il sole e riceve quindi i suoi raggi più direttamente e in maggiore quantità che l'emisfero australe. Questo inclinarsi del globo cresce costantemente dal marzo al giugno, ma va poi diminuendo dal giugno al settembre, e allora vanno diminuendo gradatamente la luce e il calore che l'emisfero boreale riceve dal sole. Così, per questo emisfero, i giorni divengono sempre più lunghi e caldi dal marzo al giugno, e dal giugno al settembre ritornano a poco a poco brevi e freddi.

Ne viene che il nostro emisfero ha i giorni più lunghi e la più elevata temperatura dopo il mese di giugno; che la temperatura è moderata dopo il mese di marzo; e che l'intervallo fra marzo e giugno costituisce la primavera, e quello fra giugno e settembre forma l'estate, in conseguenza del calore accumulato nella primavera.

**151.** Questi fatti sono resi più chiari dalle figure qui unite; nelle quali la retta NS rappresenta sempre l'asse della terra, i punti N ed S i poli nord e sud, la retta EQ l'equatore ed S' il sole.

**152. Equinozio di primavera.** — La prima rappresenta la posizione della terra rispetto al sole al 21 di marzo, giorno dell'equinozio di primavera.

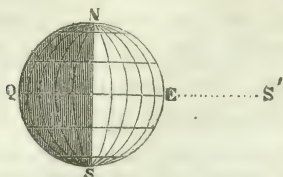
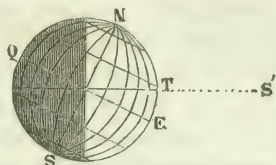



Fig. 1.ª — 21 Marzo. Fig. 2.ª — 21 Giugno.

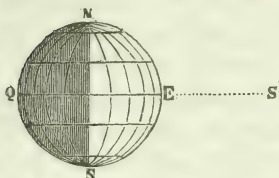
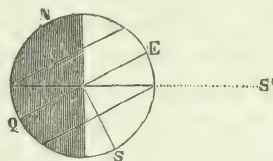



Fig. 3.ª — 21 Settembre. Fig. 4.ª — 21 Dicembre.

L'equatore (E) è direttamente rivolto al sole, e la luce e il calore sono egualmente distribuiti ai due emisferi boreale e australe; e il limite dell'emisfero illuminato dal sole passa pei due poli, N e S, e divide in due parti eguali tutti i paralleli di latitudine. Compiendo dunque ogni giorno la terra una rotazione sopra il suo asse, ciascun punto della sua superficie rimane per 12 ore esposto alla luce del sole, e per altrettante ore in ombra; in altre parole, i giorni e le notti sono d'eguale durata per ogni punto della terra.

**153. Il sole verticale sull'equatore.** — Dal ruotare la terra sopra il suo asse N S deriva anche che ciascun punto dell'equatore E Q passa successivamente pel punto E, direttamente sotto al sole; con altre parole, ciascun punto dell'equatore ha ogni giorno a mezzodì il sole verticalmente sopra di sè.

**154. Il sole obliquo per le altre latitudini.** — E da tutti gli altri punti della terra, fra l'equatore (E) e il polo nord (N), e fra l'equatore e il polo sud (S), vedesi il sole obliquamente, ossia, ciò che torna lo stesso, ad una distanza più o meno grande dallo zenith; e quanto più lontano è un punto dall'equatore, tanto più lontano dallo zenith vi si vede il sole nel momento del mezzodì.

**155. Azione termica del sole.** — Ma siccome l'influenza termale o calorifica del sole dipende in gran parte dalla sua distanza dallo zenith nel momento del mezzodì, così in siffatta influenza va

mano mano diminuendo dall' equatore (E) verso i poli (N e S); la temperatura del clima nel tempo dell'equinozio va dunque diminuendo col crescere della latitudine. — E siccome in quel tempo due punti che siano l'uno nell'emisfero boreale, l'altro nell' australe, ma egualmente distanti dall' equatore, vedono nel momento del mezzogiorno il sole alla stessa distanza dallo zenith, così, in quanto la temperatura dipende da questa circostanza, due paesi posti in due emisferi diversi, ma alla stessa latitudine, possono avere nel tempo degli equinozii la stessa temperatura.

**156. Solstizio d'estate.** — La seconda figura rappresenta la posizione della terra rispetto al sole al 21 di giugno.

L'equatore (E) nell'intervallo di tempo fra il 21 di marzo e il 21 di giugno, è andato gradatamente inclinandosi verso il sud. Il polo N si è dunque sempre più rivolto verso il sole (S), e il polo S se ne è a poco a poco allontanato. In questa posizione è dunque evidente che il sole illumina e riscalda più della metà dell' emisfero boreale, e meno della metà dell' emisfero australe. Il punto T, sul quale stà verticalmente il sole, si trova non più sull'equatore, come nel caso precedente, ma a 23° 1/2 di latitudine nord. E i paesi che si trovano nell'emisfero boreale al di là di questo punto T, vedono il sole meno obliquamente di quelli posti ad eguali latitudini nell'emisfero australe.

**157. Giorni più lunghi delle notti.** — Il circolo che separa l' emisfero illuminato dal sole da quello di ombra divide ciascun parallelo di latitudine in due parti ineguali, in modo che nell' emisfero boreale la parte illuminata è la più grande, e nell'australe è la più piccola.

In questa stagione dunque i giorni sono nell'emisfero boreale più lunghi che le notti, e sono più brevi che le notti nell' altro emisfero.

**158. Da che dipenda la temperatura d' una stagione.** — È facile a comprendersi che la temperatura d' una stagione, per un dato paese, dipende ad un tempo dall' altezza sull'orizzonte a cui giunge il sole a mezzodì (ossia dalla sua distanza dallo zenith) e dalla lunghezza del giorno; poichè più grande è l' altezza del sole sull' orizzonte e più direttamente cadono i suoi raggi su quel paese; e quanto più lungo è il giorno, tanto più lungo è il tempo pel quale i raggi esercitano la loro influenza calorifica, e tanto più breve è il tempo che quel dato paese rimane privo della loro azione.

**159. Azione del sole maggiore sul nostro emisfero.** Per tutte queste ragioni dunque, al 21 di giugno, quando l'emisfero boreale è più inclinato verso il sole, e l'australe gli è meno esposto,

l'influenza del sole è maggiore sull'emisfero boreale che sull'altro. E durante l'intervallo di tempo dal 21 di marzo al 21 di giugno, volgendosi sempre più l'emisfero boreale verso il sole, e crescendo quindi sempre più pei suoi paesi l'altezza del sole sull'orizzonte e la durata del giorno, va gradatamente crescendo l'influenza termale del sole su quell'emisfero; mentre per l'emisfero australe vanno diminuendo la lunghezza del giorno e l'altezza del sole sull'orizzonte, e quindi va continuamente decrescendo l'influenza termale del sole.

**160. Equinozio d'autunno.** — Dopo il 21 di giugno la terra va a poco a poco riprendendo la posizione rappresentata nella prima figura. L'emisfero boreale va gradatamente allontanandosi dal sole, e l'australe si rivolge a lui sempre meno obliquamente, finchè al 21 di settembre, giorno dell'equinozio d'autunno, la terra trovasi nella posizione indicata nella terza figura, ossia nella stessa posizione che aveva al 21 di marzo, coll'equatore verticalmente sotto al sole.

In questo giorno i due emisferi sono dunque egualmente esposti al sole, ricevono da lui la stessa influenza, ed essendo i paralleli di latitudine tagliati in due parti eguali dal circolo che limita l'emisfero illuminato, i giorni e le notti hanno per tutti i paesi la stessa durata (1).

**161. Perchè il giorno più lungo non sia anche il più caldo.** — Siccome l'altezza sull'orizzonte a cui giunge il sole a mezzogiorno, e la lunghezza dei giorni ad eguali distanze prima e dopo il 21 giugno sono le stesse, e quindi l'influenza termale del sole dev'essere pure la stessa, parrebbe a primo aspetto che anche la temperatura della stagione dovesse essere la stessa, o, con altre parole, che la temperatura della stagione dieci o venti giorni dopo il 21 di giugno dovesse essere eguale a quella provata dieci o venti giorni prima dello stesso giorno; e che in generale la stagione dal 21 di marzo al 21 di giugno dovesse avere la stessa temperatura che quella dal 21 di giugno al 21 di settembre.

Ma è a tutti noto che in fatto la cosa è ben differente; che la stagione dal 21 di marzo al 21 di giugno, ossia la *primavera*, è molto meno calda di quella dal 21 di giugno al 21 di settembre, che è detta *estate*.

Vediamo dunque se possiamo renderci ragione di questo fatto.

La temperatura della stagione in un dato paese non dipende esclusivamente dall'influenza termale esercitata dal sole in ciascun

(1) È appunto da questa egual durata dei giorni e delle notti al 21 di marzo e al 21 di settembre venne il nome di *equinozii* a queste due epoche dell'anno. (*Nota del Trad.*)

giorno. È facile a comprendersi che quando i giorni sono più lunghi delle notti e il sole s'eleva ad una grande altezza sull'orizzonte, la quantità di calore comunicata dal sole all'aria e agli altri corpi terrestri durante il giorno dev'essere *maggiore* di quella che si perde durante la notte, e che quindi in ogni corpo deve realmente accumularsi del calorico e manifestarsi in ciascun intervallo di ventiquattr'ore un *incremento* di temperatura. La conseguenza di questo è che l'effetto generale dell' influenza termale del sole nei successivi intervalli di ventiquattr'ore dev'essere un giornaliero aumento di temperatura generale della stagione; e che quest'aumento deve continuare fino a che, pel raccorciarsi dei giorni e pel decrescere dell'altezza del sole, all' incremento di temperatura durante il giorno faccia completamente equilibrio la perdita di calore durante la notte. Il giorno in cui si verifica questo equilibrio dev'essere il giorno più caldo, perchè allora cessa la giornaliera accumulazione di calore; e dopo di esso, facendosi i giorni sempre più brevi e sempre minore l'altezza del sole, l'incremento di calore nel giorno è vinto dalla perdita sofferta durante la notte, ed a poco a poco va diminuendo la temperatura generale della stagione.

**162. Perchè l'estate sia più caldo della primavera.** — È ora facile a comprendersi perchè la stagione dell'estate è più calda che quella della primavera, quantunque l'altezza del sole e la lunghezza dei giorni siano precisamente le stesse ad eguali distanze dal 21 di giugno. Fino a questo giorno l'influenza termale del sole va sempre crescendo per i motivi sopra esposti, e nello stesso 21 di giugno è più grande che in qualunque altro giorno prima o dopo. Ma, quantunque siffatta influenza termale vada diminuendo dal 21 di giugno in poi, essa continua tuttavia ad aggiungere calore a quello già posseduto dall'atmosfera e da' corpi terrestri, e così va sempre crescendo la temperatura; e questo aumento di temperatura cessa soltanto allorquando l'azione termale del sole durante il giorno comincia ad essere annullata dalla perdita di calore durante la notte.

**163. Giorni canicolari.** — In tal modo avviene che un certo numero di giorni, dal 21 di giugno agli ultimi di luglio, riesce la parte più calda della state ed è detta dei *giorni canicolari* o della *canicola*, per la maggiore frequenza in quel tempo dell' idrofobia nei cani, oppure perchè in quell'epoca la stella del cane sorge dall' orizzonte alla mattina prima del sole, come un precursore del Dio del giorno; e può anche darsi che la stella del cane abbia avuto il suo nome dalla frequenza dell' idrofobia canina in quella stagione.

**164. Fenomeni analoghi nell'emisfero australe.** — Le stesse circostanze, che spiegano l'influenza dell'estate nell'emisfero boreale, possono spiegare anche quella dell' inverno nell'emisfero australe, essendo nell'estate l'emisfero australe così allontanato dal sole come vi è avvicinato il boreale; ciò che si vede nella seconda figura.

**165. Solstizio d' inverno.** — Dopo il 21 di settembre, giorno dell' equinozio d' autunno, l' equatore si fa di nuovo obliquo, volgendosi verso il nord, l'emisfero boreale si allontana dal sole, e questa obliquità va crescendo costantemente fino al 21 di dicembre, giorno dell'inverno in cui è al massimo suo grado. Vedasi nella quarta figura questa nuova posizione della terra.

**166. Spiegazione del freddo dell'inverno.** — I raggi del sole riescono più obliqui per l'emisfero boreale, che per l' australe; i paralleli di latitudine sono divisi inegualmente dalla linea che limita l'emisfero rischiarato dal sole, così che nell' emisfero boreale la maggior parte di ciascun parallelo è quella che rimane in ombra, e la minore è illuminata, mentre il contrario avviene nell'altro emisfero. I giorni sono quindi nel nostro emisfero più brevi che le notti, e sono invece più lunghi che le notti nell'altro; e il sole s'eleva nel primo a minore altezza che nel secondo. E per conseguenza in questa posizione della terra comincia col 21 dicembre per l'emisfero australe l'estate, e pel nostro l'inverno.

Dopo il 21 dicembre l' inclinazione dell'asse della terra ritorna a diminuire fino al 21 marzo, così che l' equatore in questo giorno si ritrova verticalmente sotto al sole; come abbiamo già veduto sin dal principio.

**167. Perchè il giorno più breve non sia il più freddo.** — Siccome il 21 dicembre è per noi il giorno più breve, e in quel giorno l'altezza del sole sull' orizzonte è la minore, così l' influenza termale del sole è allora al suo *minimum*, e pare che quel giorno dovrebb'essere anche il più freddo dell' anno, e quindi il giorno di mezzo dell' inverno. Invece il massimo freddo arriva un po' più tardi, per una ragione analoga a quella per cui il 21 di giugno non è il più caldo giorno dell' anno.

Il decremento che avviene nel calore dell'atmosfera per effetto della lunghezza della notte, della brevità del giorno e della poca altezza del sole nel 21 dicembre, è invero più grande di quello nei giorni successivi; ma questo decremento di calore continua ancora nei giorni successivi e va sempre più spogliando di calore l'atmosfera, fino a che, per l'allungarsi dei giorni, pel raccorciarsi delle notti e per l'elevarsi del sole a maggiore altezza, l'incremento del calore du-

rante il giorno fa equilibrio alla perdita che avviene durante la notte. Allora soltanto cessa di crescere il freddo, e d'allora in poi aumenta l'effetto dell'influenza del sole durante il giorno e diminuisce quella della notte, e quindi la temperatura generale va crescendo ad ogni intervallo di ventiquattr'ore. — Ecco perchè nell'emisfero boreale l'inverno è l'intervallo fra il 21 di dicembre e l'equinozio di primavera (21 marzo); e lo stesso intervallo è per l'emisfero australe la stagione d'estate.

**168. I tropici.** — L'altezza del sole a mezzogiorno va crescendo fino al 21 di giugno, d'allora in poi ritorna a diminuire fino al 21 dicembre, e dopo questo giorno cresce di nuovo; e così via. Queste due epoche, 21 di giugno e 21 di dicembre, nelle quali l'altezza del sole rimane stazionaria, dopo essere aumentata e prima di decrescere, oppure dopo esser diminuita e prima di ritornare a crescere, furono chiamate *solstizii*, e precisamente il 21 di giugno solstizio di estate e il 21 di dicembre solstizio d'inverno, da una parola latina che significa il ristarsi o il rimanere stazionario del sole.

Quando l'emisfero boreale è rivolto verso il sole, come è rappresentato dalla seconda figura, i punti che successivamente trovansi a mezzogiorno verticalmente sotto il sole sono collocati 23° ½ al nord dell'equatore. Prima di questo giorno e dopo di esso tali punti vedono sempre il sole ad un'altezza minore di 90° sull'orizzonte, e quindi ad una distanza più o men grande dallo zenith. Si dice quindi che il sole va gradatamente avvicinandosi a quel parallelo di 23° ½ di latitudine nord, lo tocca e poi retrocede verso l'equatore. — Per queste circostanze siffatto parallelo fu detto *tropico*. Altrettanto si osserva per il parallelo corrispondente nell'emisfero australe; e perciò questi due paralleli furono rispettivamente chiamati *tropico boreale* e *tropico australe*, e più comunemente *tropico del cancro* il primo, e *tropico del capricorno* il secondo.

**169. Il sole non è mai verticale fuori dei tropici.** — Basta guardare la figura seconda e la quarta per vedere che il sole non può trovarsi verticalmente sopra altri punti della terra, fuorchè su quelli collocati fra i tropici; e che questi ultimi non possono avere il sole al loro zenith se non due volte all'anno.

**170. La terra nei diversi mesi.** — Queste cause astronomiche delle vicissitudini delle stagioni possono essere riassunte dalla figura posta alla fine di questo capitolo, la quale presenta in prospettiva la terra nelle dodici successive principali posizioni che essa ha durante il suo giro attorno al sole.

Il moto della terra è rappresentato in senso inverso di quello delle lancette degli orologi.

La terra si muove intorno al sole conservando il suo asse sempre parallelo a sè stesso, ossia in modo che in ogni posizione l'asse è sempre parallelo alla direzione che ha in qualunque altra posizione. Al 21 di giugno, com' è dimostrato dalla figura, l' estremità settentrionale dell' asse, ossia il polo nord, è un po' rivolto verso il sole, facendo col piano dell'orbita (eclittica) un angolo di 23° 1/2. Se noi supponiamo un parallelo di latitudine che abbia questa distanza di 23° 1/2 dal polo, tutti i paesi che si troveranno in esso compresi riceveranno continuamente la luce del sole, e per effetto della rotazione della terra sul suo asse non verranno mai a trovarsi nell' emisfero in ombra. Ne segue che per tutti gli abitanti situati entro quel parallelo passeranno tutte le ventiquattr'ore senza che il sole tramonti.

Passando alla posizione della terra opposta alla precedente, cioè a quella del 21 di dicembre, si trova che il polo nord è più lontano dal sole che il polo sud, vale a dire in posizione affatto contraria a quella che aveva al 21 di giugno; e che gli stessi paesi contenuti nel parallelo di latitudine distante 23° 1/2 dal polo nord, i quali al 21 di giugno giacevano nello spazio continuamente illuminato dal sole e quindi godevano giorni di ventiquattr' ore, ora giacciono invece nella parte in ombra, ed hanno notti di ventiquattr'ore; cosicchè per quei paesi il sole, come non tramonta al 21 di giugno, così non sorge punto nel 21 dicembre.

Nelle posizioni intermedie, successivamente occupate dalla terra, pel suo giro annuale intorno al sole, in luglio ed agosto, il polo nord va a poco a poco allontanandosi dal sole, e va quindi gradatamente diminuendo d'estensione la superficie che rimane di continuo illuminata dal sole. Al 21 di settembre l' equatore trovasi direttamente esposto al sole, i due poli sono all' eguale distanza da questo astro, non v' ha quindi alcuna regione che rimanga per ventiquattr'ore continuamente illuminata, e ciascun punto della superficie terrestre è alternativamente per dodici ore illuminato dal sole, e per altre dodici ore privo della sua luce diretta.

Dopo il 21 di settembre il polo nord comincia a farsi lontano dal sole più del polo sud, e già in ottobre v' ha una regione piuttosto estesa che rimane continuamente all' oscuro intorno al polo nord. Questa regione immersa in una continua notte va gradatamente facendosi più ampia fino al 21 di dicembre, giorno in cui occupa tutto lo spazio compreso nel parallelo già sopra indicato. Dopo il 21 di dicembre il polo nord ritorna ad avvicinarsi al sole, la regione in continua notte va a poco a poco diminuendo d' estensione durante i mesi di gennaio e di febbraio, e al 21 di marzo è ridotta a zero,

come al 21 di settembre. E finalmente, dopo il 21 di marzo il polo nord va sempre più volgendosi verso il sole, e la regione che lo circonda comincia ad avere un continuo giorno, va mano mano crescendo in estensione durante i mesi di aprile e di maggio, e raggiunge la sua maggiore ampiezza al 20 di giugno, avendo in questo giorno per limite il parallelo distante 23° ½ dal polo, già più volte accennato.

Al polo nord v'ha dunque un giorno continuo che dura sei mesi, dal 21 di marzo al 21 di settembre, ed una notte continua per gli altri sei mesi; e i paesi che stanno intorno a questo polo hanno giorni e notti di durata sempre minore quanto più s'avvicinano a questo parallelo distante 23° ½ dal polo, oltre il quale ogni giorno in qualunque stagione, per quanto sia lungo, non può mai durare ventiquattr' ore.

**171. Circoli polari. — Zone fredde.** — Il parallelo che trovasi alla distanza di 23° ½ dal polo nord è a 66° ½ dall'equatore, ed ha per conseguenza la latitudine boreale di 66° ½. È chiamato *circolo polare artico*, e la regione da esso limitata riceve il nome di *zona fredda boreale* o *artica*.

Tutti i fenomeni che abbiamo descritti pel polo nord e per la regione da esso limitata, avvengono anche al polo sud e nella regione fredda corrispondente, limitata da un altro parallelo distante esso pure 23° ½ dal polo. Questo secondo parallelo vien detto *circolo polare antartico*, e la regione polare in esso compresa riceve il nome di *zona fredda australe* o *antartica*.

**172. Alternanza dei fenomeni nelle due zone fredde.** — Quantunque i fenomeni diurni e notturni siano ai due poli e nelle due zone fredde precisamente gli stessi, pure non sono simultanei, ma alternati; vale a dire che i fenomeni che avvengono in una zona in un dato mese si riproducono nell' altra sei mesi più tardi, così che la zona fredda boreale si trova al 21 di giugno nelle stesse circostanze che la zona fredda australe nel 21 di dicembre; e quindi l'intera zona boreale trovasi totalmente illuminata ed ha un continuo giorno quando l'australe è totalmente in ombra ed ha una continua notte, e viceversa, la zona boreale è tutta in ombra ed ha una continua notte quando la zona australe è tutta illuminata e gode di un continuo giorno.

Nello stesso modo la regione illuminata intorno al polo nord e la regione in ombra attorno al polo sud in luglio hanno la stessa estensione che la regione oscura intorno al polo nord e quella con un continuo giorno attorno al polo sud in gennaio. Le circostanze di

luce e d'ombra in cui si trova la zona fredda boreale in luglio sono dunque identiche a quelle in cui si trova la zona fredda australe in gennaio, e viceversa.

Altrettanto può ripetersi per tutte le altre stagioni; come può ben comprendersi guardando la figura or ora descritta.

Potrebbesi ora credere che la continua presenza del sole sull'orizzonte d'una data regione potesse produrre degli effetti calorifici considerevoli; e che quindi ciascuna regione polare, rimanendo durante quei lunghissimi giorni esposti ai raggi del sole, venisse a godere d'un calore intenso; ma infatti la cosa è ben differente. Il calore impartito dal sole ad un paese esposto alla sua influenza dipende, come abbiamo già detto più sopra, da due condizioni, cioè dall'altezza a cui giunge il sole sopra l'orizzonte, e dal tempo per cui esso rimane sull'orizzonte, ossia dalla lunghezza del giorno. Ma la prima di queste due condizioni ha sugli effetti calorifici del sole un'influenza molto più grande che la seconda. E perciò, quantunque il sole rimanga molto tempo sull'orizzonte, e quindi la sua azione calorifica si eserciti per un tempo molto lungo e sia per tal modo favorevole ad un considerevole sviluppo di calore, tuttavia essa è vinta dalla piccolissima altezza cui giunge al dissopra dell'orizzonte, o, in altri termini, dalla grande obliquità dei suoi raggi, e l'effetto calorifico che ne risulta riesce piccolissimo; così che entro i circoli polari, ad onta della presenza del sole continuata per più mesi, la temperatura generale varia bensì fra certi limiti a seconda delle stagioni, ma rimane sempre al di sotto di quella del gelo.

È appunto da questa temperatura continuamente bassa che ebbero il loro nome le due zone fredde.

**173. Zona torrida.** — La parte compresa fra i due tropici, che comprende tutti i paesi che hanno latitudini minori di 23° ½, è chiamata *zona torrida.*

Quantunque l'esposizione di questi paesi al calore del sole varii fra certi limiti dal dicembre al giugno, e l'equatore non sia verticalmente sotto al sole che in marzo e in settembre, tuttavia quei paesi subiscono un'influenza calorifica molto più potente che quelli più distanti dall'equatore, cioè con latitudini più alte, sì nell'uno come nell'altro emisfero.

Si dimostra dai fisici che il potere riscaldante dei raggi solari che cadono sopra un oggetto è tanto più forte quanto più essi si avvicinano alla direzione perpendicolare alla superficie dell'oggetto riscaldato. Ora, al tempo degli equinozii il sole passa verticalmente sopra ogni punto della linea (equatore), e quindi i suoi raggi cadono

perpendicolarmente su ciascuno di quei punti, e producono l'effetto più grande possibile. E nello stesso tempo da ciascun paese collocato sotto la linea si vede il sole sorgere dall'orizzonte precisamente all'est, percorrere una retta perpendicolare all'orizzonte, giungere allo zenith, ridiscendere dall'altra parte, sempre in una linea retta perpendicolare all'orizzonte, e tramontare esattamente all'ovest.

**174. Il sole è verticale due volte all'anno in ciascun paese della zona torrida.** — Abbiamo veduto in addietro che in conseguenza del moto della terra intorno al sole e del parallelismo di tutte le direzioni dell'asse terrestre in tutti i giorni dell'anno il sole sembra in continuo moto fra i due tropici, andando dall'uno all'altro in sei mesi, e passando sull'equatore due volte all'anno, alle epoche degli equinozii. È facile comprendere che il sole passerà due volte all'anno anche sopra ogni altro circolo compreso fra i tropici e parallelo all'equatore, ma ad intervalli fra loro diseguali, e non mai esattamente di sei mesi, come per l'equatore.

In tal modo avviene che ciascun paese nella zona torrida ha due volte all'anno il sole verticalmente sopra di sè, al momento del mezzogiorno.

D'altra parte, per i paesi sotto l'equatore la maggiore distanza cui può trovarsi il sole dallo zenith nel momento del mezzogiorno è di 23° 1/2, quando il sole si trova sotto un tropico, cioè in uno dei due solstizii, d'estate e d'inverno; per quelli sotto uno dei due tropici il sole giunge alla maggiore distanza dallo zenith quand' è sotto all'altro tropico, cioè quando è alla distanza di due volte 23° 1/2, vale a dire di 47° dallo zenith del luogo considerato; e per tutti gli altri paesi collocati fra i due tropici la massima distanza dal zenith a cui può giungere il sole a mezzogiorno è sempre minore di 47°. Così, ogni paese all'equatore ha il sole verticale due volte all'anno, nei giorni 21 settembre e 21 marzo; ogni paese sotto il tropico del Cancro l'ha verticalmente sopra di sè una sola volta all'anno, ai 21 di giugno, quando è estate per noi ed è inverno per gli abitanti dell'emisfero australe; quelli sotto il tropico del Capricorno l'hanno anch'essi nella stessa posizione una sola volta all'anno, ai 21 di dicembre, quando è inverno per noi ed estate per gli abitanti dell'emisfero australe; e tutti gli altri paesi della zona torrida l'hanno al zenith due volte all'anno, ad intervalli di tempo disuguali. E in generale, la maggiore distanza dallo zenith, a cui può giungere il sole nel momento del mezzodì per un paese collocato fra i tropici, si ha aggiungendo 23° 1/2 alla latitudine del paese preso in considerazione.

Se si considera che il clima d'un paese dipende, quanto alla temperatura, dalla distanza del sole dal suo zenith nel momento del mezzodì, e che quella temperatura cresce col diminuire tale distanza, facilmente si comprende come il clima della zona torrida sia caratterizzato da quella temperatura estremamente elevata, da cui la zona stessa ebbe il nome; imperocchè, quantunque il sole durante una parte dell'anno si trovi ad una certa distanza dallo zenith, questo tempo è sempre minore di quello, durante il quale il sole vi si trova vicino.

Finalmente, le stagioni più calde non si trovano sotto l'equatore, come a tutta prima si potrebbe credere, ma entro i tropici e ad una piccola distanza da essi, perchè il sole si avvicina all'equatore e se ne allontana alle epoche degli equinozii con una velocità molto maggiore di quella con cui si avvicina a ciascun tropico e se ne allontana retroducendo verso l'equatore alle epoche dei solstizii; e quindi presso i tropici il sole a metà dell'estate continua ad attraversare i meridiani vicinissimo al zenith per un tempo molto più lungo che presso l'equatore alle epoche degli equinozii.

**175. Zone temperate.** — Le parti del globo comprese fra le latitudini 23° ½ e 66° ½ tanto al nord quanto al sud dell'equatore, cioè comprese fra le due zone fredde e la zona torrida, non hanno gli estremi di temperatura che caratterizzano queste due zone eccessive. Entro i loro limiti il sole non giunge mai sino al zenith come nella zona torrida, e non v'hanno mai giorni o notti di così lunga durata come quelli delle zone fredde. Il calore dell' estate è prodotto dalla lunghezza dei giorni, combinata colla moderata altezza del sole sull' orizzonte; e il rigore dell' inverno è mitigato dalla presenza del sole sull'orizzonte per un tempo abbastanza lungo, anche nei giorni più brevi.

Non è però a credersi che entro i limiti di ciascuna zona temperata il clima sia dovunque lo stesso; al contrario, nell'approssimarsi ai limiti che dividono questa zona dalla zona fredda o dalla torrida, il carattere del clima va gradatamente avvicinandosi a quello che è proprio dell' una o dell'altra di queste zone estreme, così che i climi delle più alte latitudini della zona temperata differiscono appena da quelli delle più basse latitudini della zona fredda, e i climi delle più basse latitudini della zona temperata fanno passaggio a quelli delle più alte latitudini della zona torrida. Ed entro i limiti di ciascuna zona temperata v'ha una varietà di climi molto maggiore di quella che si può trovare in ciascuna zona estrema.

**176. Influenza dell'altitudine sui climi. — Linea delle nevi perpetue.** — Vedremo nel trattato sul calore terrestre che

mano mano che un viaggiatore ascende nell' atmosfera, s'accorge che la temperatura di questa va gradatamente diminuendo, così che ad una certa altezza trova che v'ha una temperatura così bassa da farvi gelar l'acqua; al di sopra di questo limite non è quindi possibile che l'acqua esista allo stato liquido, ma si fa neve o ghiaccio. Siffatto limite fu chiamato appunto *limite delle nevi perpetue,* e sulle montagne si manifesta nel limite oltre al quale il suolo è coperto di neve in ogni parte dell'anno.

Si è osservata e confermata la legge che questo limite delle nevi perpetue, il quale nei diversi paesi può ricevere diversi nomi, è in generale a maggiore altezza nei paesi ove è più caldo il clima al livello del mare, che la sua altezza va decrescendo col diminuire la temperatura media del paese, presa sempre al livello del mare. Per questo motivo, la sua elevazione è massima fra i tropici, e decresce gradatamente col crescere della latitudine, fino ai poli, dove raggiunge la superficie stessa del mare.

I climi non devono dunque soltanto variare colla latitudine, ma ben anche coll'elevazione dai luoghi sul livello del mare; e quindi nei luoghi montuosi si deve avere una varietà di climi maggiore che alla pianura, e questa varietà deve dipendere dalla varia altezza delle montagne e delle loro singole parti.

Che se la catena montuosa si eleva al di là del limite delle nevi perpetue, vi si trovano a varie altezze tutte le varietà di clima, che sono comprese fra il clima che caratterizza il livello del mare o la pianura circostante, e quello delle regioni polari; e per conseguenza, partendo dal livello del mare o dalla pianura ed ascendendo quelle montagne, si possono vedere l'una sull'altra varie zone con climi diversi, ed altrettante *faune* e *flore* diverse, cioè altrettanti gruppi di animali e di piante, corrispondenti ai diversi climi. — Questa è una delle circostanze che rendono così interessanti i paesi montuosi, e che spesso influiscono sul loro stato commerciale e sociale.

È inoltre evidente, che quanto più alta sarà la temperatura media della pianura situata al piede d'una catena montuosa la quale si elevi al di là del limite delle nevi perpetue, tanto maggiore sarà anche la varietà dei climi che si avranno l'uno sull' altro, dalla base della catena montuosa sino alla sua sommità, e tanto più grande sarà anche la varietà delle produzioni naturali e della coltura artificiale. E da questo dipendono le magnifiche zone con diverse vegetazioni, che si vedono sovrapposte nelle Ande, e nelle Cordigliere e nelle altre catene molto elevate che intersecano la zona torrida.

**177. Vegetazione dell' Imalaia.** — Quantunque la catena

dell'Imalaia vinca in altezza le Ande e le Cordigliere, pure, essendo collocata fuori dei limiti della zona torrida, non presenta tutta quella varietà e quei vantaggi or ora accennati. Per quanto siano belle le vallate Kumaoon e del Nepaul, mancano tuttavia dell'ornamento delle palme, proprio dei paesi più caldi.

Sul fianco meridionale della catena del Paropamisan, che si stende per 350 miglia nella Persia e nell'Afganistan, e separa i deserti di Yezd e il Turkestan, la natura non mostra punto quella profusione di felci arboree, di eliconie e di orchidee, che sono l'ornamento degli altipiani più elevati nelle montagne tropicali. Sui versanti dell'Imalaia, all'ombra d'una quercia a larghe foglie e di altre piante proprie di queste Alpi Indiane, i graniti, i serizzi e le altre rocce analoghe portano un ammanto di piante, che somigliano a quelle dell' Europa e dell' Asia settentrionale. Tuttavia queste specie dell'Imalaia non sono identiche con quelle dell'Europa e dell'Asia settentrionale, ma soltanto simili per il loro aspetto e la loro fisionomia, comprendendo esse dei ginepri, delle betule, delle genziane, delle parnassie e dei ribes spinosi. La catena dell'Imalaia è inoltre priva di quei giganteschi fenomeni vulcanici, che nelle Ande e nell'Arcipelago Indiano spaventano spesso gli abitanti, e loro manifestano l'esistenza di forze misteriose, potentissime e sempre attive nell'interno del globo. Di più, sul versante meridionale dell'Imalaia, dove l'atmosfera dell'Indostan, più carica di vapore, depone maggior quantità d'umidità, il limite delle nevi perpetue discende sino ad una zona, che non ha più di 13,000 piedi d'altitudine sul livello del mare. In tal modo la vita organica cessa nell'Imalaia meridionale 3000 piedi più in basso che nelle Ande fra i tropici.

**178. Vegetazione delle Ande.** — Le regioni montuose della zona torrida presentano, come fu già detto, un gran vantaggio sulle altre, in quanto alla varietà della loro vegetazione, che in esse è realmente la più grande possibile.

Nelle Ande di Cundinamarca, di Quito e del Perù, solcate dalle profonde valli dette *barrancas*, l'uomo può contemplare ad un tempo tutte le piante della terra e tutte le stelle del firmamento. Qui il viaggiatore europeo può avere sotto i suoi occhi nello stesso tempo le palme dalle alte frondi, le umide foreste di bambù e tutta la bellissima famiglia delle musacee (che comprende i banani), e sopra queste forme tropicali le quercie, i nespoli, le rose selvatiche e le piante ombrellifere, che gli rammentano la patria. Qui i due emisferi celesti sono egualmente visibili, e, quando si fa notte, l'astronomo può nello stesso tempo vedere la costellazione della Croce del

Sud, le macchie Magellaniche, e le stelle delle due Orse, che girano intorno al polo Artico. Qui i differenti climi della terra e i diversi gruppi di piante che li caratterizzano sono collocati l'uno sull'altro, a guisa de' varii piani di una casa, e le leggi del decremento del calore sono scritte indelebilmente sulle rupi e nelle valli delle Cordigliere, in caratteri che si possono facilmente leggere da ogni intelligente osservatore.

La zona torrida è interessantissima ed atta a fare impressione sull'animo degli osservatori non soltanto per l'abbondanza e la ricchezza dei suoi prodotti organici, ma anche e più ancora per l'uniforme regolarità colla quale avvengono le mutazioni nei climi e negli stessi prodotti organici. Le linee regolari e ben marcate, che dividono i differenti piani di vegetazione proprii alle diverse altezze, dimostrano evidentemente, che lo stesso giuoco di leggi invariabili, le quali governano i moti celesti, regolano eziandio i fenomeni terrestri. Nelle calde pianure, che s'elevano di poco sul livello del mare, regnano in profusione le famiglie dei banani, delle cicadee e delle palme, comprendenti una quantità di specie, che i viaggiatori di questi ultimi tempi ci hanno dimostrata meravigliosamente grande; ad esse succedono, sui fianchi delle Cordigliere, nelle vallate montane e nelle gole umide e ombreggiate aperte nelle rocce, molte felci arboree, i cui tronchi cilindrici giungono a grande altezza e vi stendono all'intorno a guisa di ciuffo le frondi frastagliate come merletti, così che presentano un bellissimo aspetto quando spiccano sull' azzurro carico del cielo. Ivi fioriscono anche le cincone, la cui corteccia fornisce la chinina, così potente rimedio contro le febbri, e spesso sono rinfrescate e bagnate dalle nebbie notturne, che formano la superficie inferiore dello strato più basso di nubi.

Immediatamente al di sopra della regione delle foreste il suolo è coperto da zone di piante sociali in fiore, di piccole aralie, di tibaudie e di andromede colle foglie di mirto. Il rododendro delle Ande, la magnifica befaria, forma una corona purpurea intorno ai picchi piramidali. Avvicinandosi la fredda e tempestosa regione di Paramos, gli arbusti e le erbe con fiori larghi e vivamente coloriti vanno gradatamente scomparendo, e lasciando il posto ad un uniforme mantello di piante monocotiledoni, che forma la zona delle savanne sugli altipiani e sui fianchi deserti delle Cordigliere, che riflette una luce gialla, e nella quale pascolano i lama e il bestiame discendente da quello portato dall'Europa. Da questa zona sporgono i picchi trachitici, s' innalzano negli strati d'aria più poveri d'acido carbonico, e sono sparsi di piante d'infima organizza-

zione, quali sono i licheni, le lecidee e le croste variopinte delle leprarie, che formano sulle pietre delle piccole macchie rotonde.

Sparse falde di neve di fresco caduta coronano queste ultime tracce di vegetazione e annunciano la vicina regione delle nevi perpetue, il cui limite inferiore è nettamente determinato e rimane pressochè immutabile per lunghe serie d'anni.

Finalmente, le forze elastiche sotterranee cercano di continuo, ma quasi sempre invano, di farsi strada attraverso le cupole coperte di neve, che coronano la catena delle Cordigliere, e soltanto in pochi luoghi conservano ancora un canale di comunicazione fra l'interno del globo e l'atmosfera, per mezzo ora di crepacci ed ora di crateri circolari, e producono rare volte vere correnti di lava, ma più spesso rigettano delle scorie incandescenti, e mandano dei getti di gas acido carbonico, d'idrogeno solforato e di vapore (Humboldt, *Cosmos*, introduzione).

**179. Animali della zona torrida americana.** — Alle zone di vegetazione corrispondono altrettante zone con differenti animali, sovrapposte l'una all'altra, a diverse altezze sul livello del mare. Le pianure dell'America tropicale sono abitate da scimmie, da alligatori (coccodrilli), dal serpente boa, dai serpenti a sonagli, dai giaguari e da altri animali proprii soltanto di quelle regioni. Più in alto, dai 5000 ai 10000 piedi sopra il livello del mare, alla base e sui fianchi delle Ande, trovansi gli ocelotti, i nandù (uccelli affini agli struzzi) e alcune particolari specie di anitre. Ancora più in alto altre scimmie, il puma e il lama; e finalmente, al di sopra del livello delle nevi perpetue, diversi avoltoi, falconi ed orsi, e il condoro, che nei suoi voli s'eleva molto più in alto delle sommità del Chimborazo e di Aconcagua.

**180. Animali dell'Imalaia.** — Anche nell'Imalaia si vedono diversi gruppi di animali a diverse altezze sul livello del mare. Nelle pianure si trovano le tigri, i pavoni e i camelli, più in alto le capre del Cascemir, i fagiani, e presso al limite delle nevi perpetue i montoni, gli jack o buoi a coda di cavallo, i piccioni, alcuni pettirossi, ecc.

**181. Quanto i climi dipendano dal calore solare.** — Il carattere locale di un clima dipende così dalla temperatura media dell'atmosfera, come da quella del suolo; e questa temperatura dipende principalmente dal calore impartito dal sole all'atmosfera e alla terra.

I raggi solari, passando attraverso l'atmosfera per giungere alla terra, cedono a questo fluido attenuatissimo e trasparente una picco-

lissima parte di calore, ed esercitano poscia il loro potere termale sulla superficie del suolo, che forma, per così dire, il fondo dell'oceano atmosferico. La terra assorbe, come tutti i corpi, una certa quantità del calore a lei trasmesso, e rimanda il restante nello stesso modo che uno specchio riflette la luce; e siccome il calore così riflesso non esercita alcuna influenza sulla temperatura della terra, così questa non dipende se non dalla porzione di calore che è assorbita. Or bene, questa porzione di calore assorbita è così piccola, che, se essa fosse tutta diffusa uniformemente sull'intiera superficie della terra, basterebbe appena a liquefare ogni anno uno strato di ghiaccio alto cento piedi, di cui fosse rivestito l'intero globo.

**182. Calore ricevuto dagli spazii celesti.** — Ma la terra non riceve calore soltanto dal sole; essa ne riceve anche dal firmamento circostante, o, con altre parole, da quella innumerevole miriade di soli, che compone l'universo stellare e che di notte vediamo splendere nel cielo; e questa sorgente di calore differisce da quella del sole perchè tutte le parti della terra vi sono costantemente esposte, di notte come di giorno, mentre il calore del sole non influisce direttamente su ciascun paese che durante il giorno.

Risulta dalle ricerche e dalle osservazioni di Pouillet che la quantità di calore che la terra riceve dagli spazii celesti è tale, che se venisse distribuita uniformemente sulla superficie di tutta la terra, basterebbe a liquefare in un anno soltanto uno strato di ghiaccio alto 85 piedi, che inviluppasse tutta la terra (1).

**183. Perchè la temperatura della terra non vada crescendo indefinitamente.** — Si può ora domandare perchè, ad onta della enorme quantità di calorico che la terra riceve ogni anno, la temperatura della terra stessa non sia finora cresciuta al punto, da riescire incompatibile coll'esistenza dei corpi viventi sulla sua superficie; perchè il calore assorbito dalla zona torrida non sia stato trasmesso a poco a poco, per la conduttività della terra, alle regioni più fredde, e non abbia disciolto i ghiacci ivi accumulati e divenuti l'ultimo asilo degli animali fuggiti dalla zona torrida oltremodo riscaldata; e perchè le stesse zone glaciali non si siano poscia riscaldate ed ornate d'una vegetazione simile a quella delle regioni temperate ed equatoriali, e alla fine tutta la terra non sia divenuta affatto inabitabile e deserta per la distruzione totale d'ogni corpo organizzato.

Questa catastrofe fu impedita, e le condizioni termali del globo

(1) Vedi il Trattato del Calore Terrestre, in questo stesso volume del Museo.

furono sempre, da una certa epoca in poi, e sono ancora conservate entro certi limiti da una proprietà rimarchevole, che il Creatore ha impartito a tutti i corpi, e per la quale questi emettono il calore a guisa di raggi di luce, e lo emettono colla stessa facilità e proporzione con cui l'hanno assorbito. Quella porzione, dunque, di calore solare, che ogni parte della superficie terrestre ha assorbito in un dato tempo, viene restituita, per così dire, ai corpi circostanti per mezzo dell'irradiazione; e, se l'atmosfera è affatto senza nubi, quel calore passa negli spazii celesti, attraversando quasi senz'alcuna perdita l'atmosfera, che in tal modo rimane sempre ad una bassa temperatura.

**184. Effetti delle nubi.** — La presenza delle nubi modifica alquanto questo fenomeno; il calore irradiato dalla superficie terrestre rimane in gran parte intercettato dalle nubi, le quali impediscono che si spanda negli spazii celesti, e lo riflettono di nuovo verso la terra, attraverso gli strati più bassi dell'atmosfera; e così i raggi termali, riflessi a più riprese fra le nubi e la superficie terrestre, possono conservare i strati inferiori dell'atmosfera più caldi, che se non ci fossero le nubi, e il calore potesse liberamente spandersi per tutto il firmamento.

**185. Correnti aeree.** — Questo non è il solo modo col quale gli strati più bassi dell'atmosfera si riscaldano più degli altri; la loro temperatura è accresciuta anche dal contatto immediato della superficie terrestre nelle regioni più calde. Gli strati così riscaldati s'innalzano e formano una corrente ascendente, simile a quella che si produce nei cammini, e ad occupare il loro posto scende dall'alto o viene dalle zone fredde e temperate una corrispondente quantità d'aria fredda.

Si formano in tal modo nell'atmosfera delle correnti continue, che servono a mantenere più o meno costante ed a regolare la temperatura di tutto l'oceano aeriforme che riveste la terra.

**186. Come sarebbero disposti i climi se la terra avesse una superficie uniforme.** — Se tutta la superficie del globo fosse formata di una materia omogenea, liquida o solida, ma tutta in condizioni uniformi, i suoi poteri di riflessione e d'assorbimento e per conseguenza anche quello di irradiazione, sarebbero eguali in ogni suo punto. In tal caso l'influenza termale del sole, governata soltanto dall'altezza di quest'astro sull'orizzonte e dalla durata dei giorni e delle notti, sarebbe necessariamente la stessa per tutti i punti collocati sullo stesso parallelo, cioè alla stessa distanza dall'equatore, perchè in tutti sarebbero eguali l'altezza del sole e la lun-

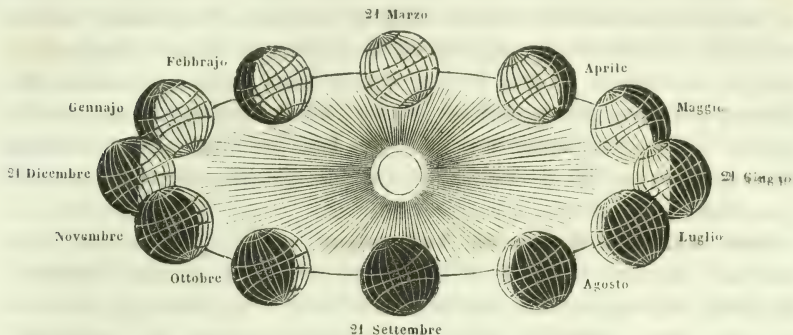
ghezza dei giorni e delle notti. L'equatore e tutti i paralleli sarebbero altrettante linee *isotermiche,* cioè si confonderebbero completamente colle linee condotte per tutti i punti aventi la stessa temperatura media annuale (1). E non solo tutti i punti collocati sullo stesso parallelo avrebbero la stessa temperatura media annuale, ma avrebbero anche le stesse temperature medie ed estreme estive ed jemali; con altre parole, tutti i paesi aventi la stessa latitudine avrebbero esattamente lo stesso clima e le stesse vicissitudini delle stagioni. E in generale la temperatura media annuale andrebbe crescendo regolarmente col crescere della latitudine.

**187. Come siano disposti in realtà.** — Ma le condizioni che ora abbiamo supposte produrre tanta regolarità nei climi non esistono realmente sulla superficie terrestre. Questa, invece di essere composta di una sola ed uniforme materia, è tutta eterogenea: in parte formata di terra, in parte d'acqua, e colle stesse terre assai diverse pei loro caratteri, perchè più o meno rivestite di vegetazione, più o meno alte sopra il livello del mare, e costituite di rocce di composizione diversissima. La riflessione, l'assorbimento e l'irradiazione del calore devono dunque presentare infinite differenze nei diversi paesi. In generale le foglie delle piante sono molto atte ad irradiare calore, mentre il suolo nudo ha comparativamente un potere irradiante assai debole ed un potere riflettente assai grande. L'acqua dell'oceano, che copre tre quarti della superficie terrestre è molto più uniforme nelle sue proprietà termiche che le terre; ma anche questa proprietà dell'oceano è modificata dalla congelazione, che avviene nelle regioni estesissime intorno ai poli.

Tutte queste circostanze, ed altre, che non si possono comprendere se non con un profondo studio della Geografia fisica, si combinano fra loro, e rendono la distribuzione attuale dei climi assai diversa da quella, che dipenderebbe soltanto dalla latitudine, e che avrebbe luogo, se la superficie del globo fosse tutta uniforme e della stessa materia.

Per questo le linee isotermiche e le altre linee analoghe che si possono far passare pei luoghi aventi la stessa temperatura estiva ed jemale, o insomma le linee che mostrano lo stato attuale dei

(1) Ogni linea che si disegni sopra un globo o sopra una carta geografica, in modo che passi per tutti quei luoghi che hanno la stessa temperatura media annuale, si chiama *linea isotermica* corrispondente a quella temperatura. Le linee che passano pei paesi aventi la stessa temperatura media estiva si chiamano *linee isotere;* quelle che passano pei paesi aventi la stessa temperatura media jemale si dicono *linee isochimene.* (*N. del Trad.*)

climi non coincidono quasi mai coi paralleli, e fanno delle curve più o meno sentite e assai interessanti. Ma di questi, come di altri argomenti relativi al calore terrestre, ci occuperemo più lungamente in altra parte di questo volume, intitolata appunto *del calore terrestre* (1).

## X.

## LE MONTAGNE E I CONTINENTI.

**188. Globi, planisferi e carte geografiche in rilievo. —** L'insegnamento elementare della Geografia è stato fino ad ora generalmente limitato alla descrizione dei contorni delle acque e delle terre; e le varietà di forma dipendenti dal rilievo delle terre sono state comparativamente neglette. Questo dipende forse dalla difficoltà di rappresentar siffatte forme in modo che siano facili a comprendersi e che gli studiosi non abbiano a farsene un'idea erronea. Furono bensì fatte delle carte geografiche e delle sfere nelle quali le ineguaglianze delle terre sono rappresentate in rilievo, così che basta una spiegazione che le accompagni per far comprendere quelle ineguaglianze. Ma, indipendentemente dal loro costo, che non può essere piccolo, sono soggette all'obbiezione ancora più forte, che in esse non si può a meno di esagerare enormemente le altezze delle montagne, e di violare così le vere proporzioni fra le altezze e le dimen-

(1) Forse per rendere più facili a tenersi a mente le epoche dei solstizii e degli equinozii il chiarissimo Autore ha sempre parlato del 21 di marzo, del 21 di giugno ecc. L'equinozio di primavera è realmente verso il 21 di marzo; ma il solstizio d'estate avviene verso il 22 di giugno, l'equinozio d'autunno verso il 23 di settembre, e il solstizio di inverno verso il 22 di dicembre.

(*Nota del Trad.*)

sioni orizzontali. Fu già detto infatti più volte che le più alte montagne non eccedono in altitudine sul livello del mare la millesei-centesima parte del diametro della terra; or bene, volendo rappresentare queste montagne sopra un globo del diametro di sedici oncie conservando le proporzioni naturali, si dovrebbe farle non più alte di un centesimo di oncia, e riescirebbero quindi affatto invisibili. Per rendere visibili sui globi e sulle carte geografiche in rilievo le catene montuose è dunque necessario di fare le loro altezze dieci, venti, e talvolta anche cento e più volte più grandi di quello che dovrebbero essere; e chi studia con questi mezzi non può che farsi un' idea affatto erronea delle proporzioni fra le estensioni orizzontali e le altezze delle parti sporgenti.

**189. Atlante fisico di Johnston.** — Coll' espediente adottato nell' Atlante fisico di Johnston si sfugge a questa obiezione, ma nello stesso tempo è molto meno viva l' impressione, e si ha un' idea meno completa delle ineguaglianze terrestri. In questo Atlante le valli più estese e le grandi pianure sono colorite con una tinta verde molto chiara, gli altipiani con una tinta bruna, e le catene montuose e i picchi sono distinti col solito mezzo dei tratteggi tanto più oscuri quanto più elevate sono le loro creste e punte, e le loro altitudini attuali sopra il livello del mare in piedi inglesi sono indicate con numeri. I mari e i laghi hanno poi una tinta celeste molto chiara. Questo crediamo che sia il miglior modo di rappresentare più chiaramente i caratteri più importanti della superficie terrestre (1).

**190. Le catene montuose non sono nè continue nè uniformi.** — Quantunque ciascuno dei grandi sistemi montuosi continentali, che abbiamo altrove descritti, sia caratterizzato da una certa direzione preponderante, tuttavia non è a credersi che scorrano uniformi e senza interruzioni, o che siano composti da una sola serie non interrotta di montagne. Essi sono al contrario soggetti a frequenti cambiamenti di direzione, sono qua e là interrotti, e presentano una grande irregolarità tanto nell'altezza quanto nella larghezza.

**191. Contrafforti o speroni.** — Ciascuna catena montuosa principale presenta delle ramificazioni laterali, che fanno angoli diversi colla generale direzione della catena, e che sono chiamati *contrafforti* o *speroni*. Anche questi sono vere catene montuose, ma più piccole,

(1) Nello stesso modo sono fatte le carte del già citato *Atlante pel Cosmos* di Bromme, che si riferiscono alla Geografia fisica generale delle varie parti della terra. (*Nota del Trad.*)

e mandano altri rami, che di solito riescono paralleli alla catena principale. In tal modo, per l'unione di tutti questi rami, si forma una specie di rete montuosa, interrotta da valli e da gole, che occupa una grande estensione di paese, ai due lati della catena principale. Siffatti rami vanno diminuendo in altezza e in larghezza coll'allontanarsi dalla catena principale. Cose tutte, che sono famigliari a chiunque ha visitato le contrade ai piedi delle Alpi, dei Pirenei o del monte Atlante.

**192. Rilievo generale delle parti solide della superficie terrestre.** — Considerando la terra come un globo formato di materia solida a superficie ineguale e parzialmente coperta d'acqua, la terra ferma devesi ritenere formata dalle parti più saglienti e sporgenti dall'acqua, che seguendo la legge di gravità si è radunata nelle parti più depresse; e le pianure si devono ritenere come altipiani, o come terrazze poste sopra montagne aventi la base sul fondo del mare.

In tal modo le montagne che sorgono sulla terra ferma non devono essere considerate se non come le sommità o i più alti picchi d'immensi gruppi montuosi, la cui base è collocata sul fondo del mare, e sopra i cui fianchi si trovano a varie altezze a guisa di terrazze le pianure che le circondano.

Seguendo questo modo di vedere, quelle prominenze che comunemente chiamiamo montagne, siano isolate, oppure allineate, o riunite in gruppi, non hanno che ben di rado la loro base apparente ad un livello molto basso, ma sorgono dalla superficie più o meno elevata di altipiani o di altre parti più alte dei continenti; e le pianure sono di solito veri altipiani collocati ad altezze più o meno grandi sopra il livello del mare. Quindi, essendo di solito nei libri di Geografia indicate le altezze delle montagne sopra il livello del mare, è necessario rammentarsi sempre, che per farsi un'idea della sporgenza e dell'aspetto delle montagne devesi aver riguardo anche all'altitudine, che hanno gli altipiani e le pianure circostanti; e quindi per avere l'altezza apparente delle montagne è necessario sottrarre da quella che esse hanno sul livello del mare quella dei terreni che loro stanno intorno.

Per comprendere quanto questa correzione sia importante basta considerare che l'altezza degli altipiani, sui quali sorgono le catene montuose più elevate, varia fra 2000 e 12000 piedi sul livello del mare. Così, per esempio, l'altezza del Kunchinjunga, che è la più alta sommità dell'Imalaia, e quindi la più alta sommità finora conosciuta, è di 28178 piedi; ma l'altipiano del Tibet, sul quale sor-

ge, ha già un' altitudine di più di 11000 piedi, e quindi l'altezza di quel picco sopra il livello della pianura circostante non è che di 17000 piedi circa. Nello stesso modo l'altezza del Monte Bianco sopra il livello del mare è di 15739 piedi, ma l' altezza del lago di Ginevra sopra lo stesso livello è di 1450 piedi, e perciò il Monte Bianco non ha sopra questo lago che l'altezza apparente di circa 13000 piedi.

Dai due esempii citati si vede facilmente qual relazione passi fra le altezze delle montagne indicate nei libri e l'aspetto ch'esse devono presentare a chi le osserva. Il più alto picco dell' Imalaia, misurato sin dal livello del mare, è alto quasi il doppio del Monte Bianco, ed è quindi talvolta descritto come una montagna così alta, come se fosse formata col sovrapporre al Monte Bianco una seconda montagna d'eguale altezza. Ma questa espressione è affatto erronea, giacchè a chi l'osservi dalle pianure del Tibet il Kunchinjunga non appare molto più alto di quello che appaja il Monte Bianco ad un osservatore collocato nelle pianure vicine, a motivo della sterminata altezza del Tibet sul livello del mare, e dell'altezza molto minore che ha sullo stesso livello la pianura presso il lago di Ginevra.

**193. Varii aspetti sotto cui si possono studiare le montagne.** — Le montagne possono essere specialmente considerate come le tracce di grandi cangiamenti avvenuti nella superficie del globo in diverse epoche della sua storia, come i limiti dei diversi climi, come le linee che separano i bacini idrografici, come teatri di diverse particolari vegetazioni, e come una delle cause produttrici delle pioggie, delle nevi e dei fiumi. Sotto qualunque di questi aspetti si vogliano studiare, è pur sempre più o meno utile conoscerne il volume, anche per paragonarlo a quello molto più grande degli altipiani e dei continenti che le portano.

**194. Volume dei Pirenei.** — Se, per esempio, si considera la catena dei Pirenei, di cui si possono misurare con qualche precisione l'area della base e la media altezza, e si immagina che tutti i materiali, di cui è formata, siano smossi e distesi in uno strato uniformemente alto sopra tutta la superficie della Francia, si trova con un facile calcolo aritmetico che tutti quei materiali, distesi su tutta la Francia, la coprirebbero d'uno strato alto appena 115 piedi.

**195. Volume delle Alpi.** — In egual modo si trova che, se tutta la catena delle Alpi fosse livellata e se la sua materia fosse disposta in uno strato di uniforme spessore sopra tutta la superficie dell'Europa, questo strato non raggiungerebbe l'altezza di soli 22 piedi.

**196. Altezza media dei continenti.** — Humboldt ha ottenuto col mezzo di lunghi calcoli e in modo molto esatto l'altezza media

della superficie della terra ferma, che forma i continenti. Egli ha trovato che l'altezza media dell'Europa è di 670 piedi, quella dell'America settentrionale è di 748 piedi, quella dell'Asia 1132 piedi, e quella dell'America meridionale 1151 piedi.

Questi risultati dimostrano che la terra ferma è nelle regioni australi più elevata che nelle boreali. Nell'Asia la poca elevazione delle estesissime pianure o steppe della Siberia è compensata dalle masse montuose e dagli altipiani fra 28° 1/2 e 40° di latitudine, che s'estendono dall'Imalaja ai monti Kuenlun nel Tibet boreale, ed ai monti Tianscian o Celesti.

Questi fatti possono condurre a conoscere in quali parti sia stata maggiore l'azione delle forze sotterranee, che hanno prodotto le montagne, e che hanno resa ineguale e irregolare la superficie dei continenti.

**197. Se sia possibile la formazione di nuove catene di montagne.** — « Non v'è alcuna ragione sufficiente, dice Humboldt, per la quale ci sia lecito credere che le azioni sotterranee non possano più agire in avvenire ed aggiungere nuovi sistemi montuosi a quelli che ora esistono e dei quali Elia de Beaumont ha studiato le direzioni e le età relative. Come possiamo noi supporre che la crosta della terra non abbia più ad essere soggetta in avvenire a quelle forze, che hanno prodotto quelle rughe che ora noi vediamo alla sua superficie? Anzi, siccome il Monte Bianco, il Monte Rosa, il Sorata, l'Illimani e il Cimborazo, che sono le più alte sommità delle Alpi e delle Ande, sono considerate come le più recenti produzioni delle forze sotterranee, così noi siamo autorizzati a credere che queste forze non siano andate diminuendo in intensità, ma che al contrario siano andate aumentando coll'età del mondo. E, come vedremo più avanti nei trattati sulla crosta della terra, sul calore terrestre e sui vulcani, tutti i fenomeni geologici ci provano la successione, durante le epoche anteriori alla creazione dell'uomo, di alternanti periodi di attività e di riposo, la quiete di cui godiamo non è che apparente, i terremoti che avvengono ad ogni latitudine e in ogni specie di rocce, il lento ma progressivo sollevarsi della Svezia, e l'apparire improvviso di nuove isole vulcaniche in seno al mare, sono altrettante prove contrarie alla credenza che il nostro pianeta abbia raggiunto un periodo di totale e di finale riposo. »

## XI.

## L'OCEANO.

**198. Sua maggiore profondità.** — Mentre l'oceano aereo riveste tutta la superficie del globo ed ha una altezza di quaranta o cinquanta miglia, l'oceano liquido, che sta sotto di esso, è meno esteso, copre soltanto tre quarti della superficie terrestre, essendo raccolto secondo la legge di gravità nei luoghi più depressi. Secondo i risultati degli scandagli, ottenuti coi metodi già altrove esposti, il carattere della superficie terrestre coperta d'acqua è affatto eguale a quello delle parti asciutte, avendo anch'esso valli e colline, montagne e pianure, come i continenti. Non si è ancora scoperta la massima profondità del mare. Lo scandaglio lasciato cadere da Sir James Ross in un punto dell'Oceano Pacifico è disceso fino a 27,000 piedi senza toccare il fondo. E generalmente si ritiene come probabile che la maggiore profondità del mare non sia di molto superiore alla maggiore elevazione delle montagne sopra il livello del mare, che è di circa quattro miglia; e che quindi la massima differenza fra i punti più elevati e più depressi della superficie della terra non sia maggiore di dieci miglia, ossia dell' ottocentesima parte del diametro terrestre.

**199. A che serva l'oceano.** — La vasta collezione d'acqua che forma l' oceano serve in moltissimi modi a mantenere la vita del mondo organizzato; ma, più che in altri, col mezzo della sua evaporazione. E può in certo qual modo essere considerata come un vasto apparato di distillazione, pel quale vien data a tutte le parti del globo l'acqua dolce di cui hanno bisogno, servendo come agenti principali in questo fenomeno le catene montuose.

**200. Sistema generale di evaporazione e di condensazione.** — Si dimostra dai fisici che quando una soluzione acquea di qualche sostanza minerale è esposta all'aria, l'acqua si trasforma in vapore alla superficie di contatto della soluzione coll'aria; e che la quantità di questa evaporazione, quando sono eguali le altre circostanze, è proporzionale all'estensione della superficie, alla temperatura dell'aria in contatto con essa, e alla temperatura superficiale della soluzione.

L'acqua del mare è una soluzione di certi sali e di altre sostanze alcaline, fra le quali abbondano specialmente il sale comune e un sale amaro di magnesia. L'evaporazione, che ha luogo alla su-

perficie del mare, affetta soltanto l'acqua pura, lasciando i sali e le altre sostanze analoghe disciolte nell' acqua che rimane liquida. Il vapore acqueo prodotto in tal modo s'innalza nell'atmosfera fin negli strati più elevati, è trasportato dalle correnti aeree e attratto dalle sommità delle montagne e delle altre parti più alte della terra ferma, e vi si precipita in pioggia o in neve, da cui hanno poi origine i ruscelli e i fiumi che scendono pei luoghi declivi, servono all' irrigazione e quindi anche al mantenimento della vita animale e vegetale sulla terra ferma.

**201. Azione del mare sui climi.** — Indipendentemente dai vantaggi che il mare ci procura, fornendoci i mezzi di comunicazione pel commercio fra le diverse parti della terra, esso serve anche in molti modi al mantenimento e alla distribuzione dei climi sulla superficie della terra. Abbiamo già veduto infatti che, per la sua uniformità quanto alle proprietà fisiche e chimiche, i climi tendono ad essere sul mare divisi e distribuiti con molto maggiore regolarità che sulle terre; così che le linee isotermiche riescono sul mare totalmente o quasi totalmente parallele ai paralleli di latitudine. — Ma d'altra parte, in conseguenza della sua liquidità, gli stessi mutamenti di temperatura ed altre cause con essi combinate producono delle correnti, che tendono a rendere dappertutto uniforme la temperatura del mare, raffreddandone le parti più calde, e riscaldandone le fredde.

**202. Correnti marine.** — Di siffatte correnti, alcune sono costanti, altre periodiche, ed altre ancora variabili; e le correnti di queste due ultime specie sono determinate particolarmente dai venti e dalle maree. Il loro studio, quanto alla direzione, alla velocità, alla temperatura, ecc., è opera dei più moderni naviganti, ed anzi è ancora ben lungi dal potersi credere completo.

**103. Corrente antartica.** — Le correnti costanti di maggiore importanza hanno la loro origine specialmente nella zona fredda australe, dalla quale parte una gran corrente d' acqua fredda verso l'equatore, chiamata *corrente antartica*, che entra nell'Oceano Pacifico, si piega alquanto verso levante, e va contro le coste occidentali dell'America meridionale. Giungendo contro le coste del Chilì, di fronte alle isole di Juan Fernandes, si volge al nord e scorre lungo le coste fino a che incontra quelle del Perù, che la fanno piegare verso ponente, e formare la così detto *corrente equatoriale*.

**204. Corrente equatoriale.** — Da questo punto la corrente scorre direttamente verso ovest fra i tropici, passando attraverso le isole dell'Oceania e dell' Arcipelago Indiano e tutto l'Oceano Indiano;

si piega un poco verso il sud per oltrepassare il Capo di Buona Speranza; ritorna verso l'equatore lungo le coste della Guinea, il cui golfo la fa piegare di nuovo verso ponente, e la rende ancora equatoriale, così che attraversa l'Atlantico, giunge contro le coste del Brasile, scorre lungo le coste settentrionali dell'America australe, e passando ristretta fra queste coste e le isole delle Indie occidentali entra nel mare dei Caraibi e poi nel Golfo del Messico.

**205. Corrente del Golfo.** — In questa lunga corsa l'acqua proveniente dalla zona fredda australe si è a poco a poco riscaldata, e nel Golfo del Messico raggiunge la sua più alta temperatura. Esce allora per il canale fra Cuba e la Florida, scorre per poco lungo le coste degli Stati Uniti, ma, oltrepassato il trentesimoquinto grado di latitudine, attraversa l'Atlantico dirigendosi verso le coste dell'Europa, e si divide in due rami, uno dei quali scorre lungo le coste europee, fino allo Spitzberg, nell'Oceano Artico, e l'altro si ripiega verso l'equatore per le isole Azzorre e Madera e lungo le coste del Marocco.

Per la sua origine nel golfo del Messico, questa corrente è comunemente chiamata *corrente del golfo* (*gulf-stream* dagli Inglesi, *golf-strom* dai Tedeschi). La sua temperatura è così elevata che i naviganti possono riconoscerla facilmente col mezzo del termometro, paragonandola con quella del mare circostante. La corrente del golfo è quindi un eccellente mezzo per trasmettere alle coste temperate e fredde dell'Europa occidentale una porzione del calore soverchio della zona torrida, e in generale tutte le correnti tendono in egual modo a rendere uniforme la temperatura di tutte le parti del mare.

**206. Velocità e limiti delle correnti oceaniche.** — « Le correnti dell'oceano, dice Humboldt, presentano il fatto singolare e rimarchevole di conservare sempre eguale la loro larghezza, e di muoversi nel mare in ogni direzione a guisa di fiumi, le cui sponde siano formate dall'acqua ferma. La linea di demarcazione fra l'acqua in moto e quella ferma è assai netta e definita, specialmente là dove trovansi delle lunghe strisce di alghe, che rendono facile il misurare la velocità della corrente. Fenomeni affatto analoghi avvengono negli strati più bassi dell'atmosfera, poichè, dopo i violenti uragani, vedonsi di solito nelle campagne e nelle foreste benissimo determinati i limiti delle strisce, in cui tutti gli alberi sono stati abbattuti, mentre nei luoghi circostanti sono rimasti intatti. » (1)

(1) La così detta *corrente del golfo* è un vero fiume di acqua calda col letto e colle sponde di acqua fredda, più rapido del Mississipì e del fiume delle Amaz-

**207. Quanta abbondanza d'animali vi sia nell'oceano.** — Quantunque la superficie del mare sia meno ricca di forme ani-

zoni, con un volume mille volte più grande che uno qualunque di questi fiumi, e colle acque azzurre e così ben distinte dalle laterali, che spesso si vede un bastimento immerso per metà nell'acqua della corrente e per metà nell'acqua laterale. Questi caratteri sono più distinti là dove la corrente esce dal golfo del Messico, e vanno mano mano facendosi meno distinti coll'allontanarsi da quel punto, in conseguenza del crescente mischiarsi dell'acqua calda colla fredda. Nello stretto fra Cuba e la Florida la corrente ha la velocità di 5 nodi (5 miglia geografiche di 1852 metri) all'ora, e soltanto di un nodo e mezzo all'ora presso il banco di Terra Nuova. La temperatura massima è di 29°, 4, C., e si trova là dove la corrente esce dallo stretto or ora citato. Le balene l'evitano, per rimanere nell'acqua fredda circostante, la sola che lor sia conveniente. Diversi pesci, che sono buonissimi allorchè si prendono fuori della corrente, si trovano meno buoni quando vengono pescati nella corrente. La superficie dell'acqua calda non è piana, ma leggermente convessa, come quella del Niagara e di altri fiumi molto larghi.

Questa corrente principale, il suo ramo che scorre verso il sud lungo le coste dell'Africa, e la corrente equatoriale, che va dal Golfo di Guinea all'America, lasciano fra loro una grande estensione d'acqua ferma, che è quasi sempre in calma, e la cui superficie è in generale coperta di grandissime e numerosissime alghe galleggianti, in modo da sembrare un prato galleggiante e abitato da un infinito numero di animali fosforescenti. Ed anche i limiti di questo spazio coperto di vegetazione sono ben netti e definiti, come l'ha già osservato Colombo nei suoi viaggi fra l'Europa e l'America.

Il moto dell'acqua nella corrente del golfo, riescendo propizio ai vascelli che vengono dall'America verso l'Europa, e contrario a quelli che vanno dall'Europa verso l'America, fa sì che i viaggi d'andata in America hanno una durata un po' maggiore dei viaggi di ritorno; e questo fatto, benchè già noto da molto tempo, non fu studiato scientificamente prima di Franklin, il quale, trovandosi a Londra con parecchi pescatori di balene, venne a sapere che essi conoscevano benissimo la corrente e nella ricerca delle balene l'evitavano con cura, e ne ottenne delle notizie sufficienti per disegnarne approssimativamente il corso sopra una carta dell'Atlantico.

Dopo Franklin nessuno s'occupò delle correnti più del luogotenente Maury, della marina americana. Egli raccolse pazientemente un grandissimo numero di osservazioni, le studiò completamente, e giunse a conoscere così bene la corrente del golfo, che potè nel 1848 insegnare ai naviganti il modo di risparmiare molti giorni nel viaggio da Baltimora (negli Stati Uniti) a Rio Janeiro, ossia di farlo in soli ventiquattro giorni, mentre dapprima erano necessarii quaranta giorni circa.

Siffatto risultato provò a tutti i naviganti l'importanza degli studii delle correnti, e li indusse a fornire a Maury tutte le osservazioni fatte da loro in ogni mare; ed egli si trovò presto in grado di pubblicare delle carte delle correnti principali di tutti i mari, delle quali il nostro chiarissimo Autore ha nel testo brevemente esposto l'insieme.

Basta considerare un momento i progressi della nautica in questi ultimi tempi per comprendere l'importanza delle scientifiche ricerche e delle loro applicazioni all'arte del navigare. Per molti secoli si navigò senza bussola, con bastimenti pe-

mali e vegetali che quella del continente, tuttavia la sua massa ne contiene tante, che non v'ha alcun'altra parte del nostro pianeta, la quale

santi, tozzi, e incapaci di fender bene l'acqua e di volgersi rapidamente, per trarre il miglior profitto dai venti e dalle sue variazioni. Inventata la bussola, si cominciò a viaggiare in alto mare, ma con carte imperfette; più tardi, pei progressi della meccanica e dell'astronomia, si adottarono istrumenti più perfetti e si fecero più esatte le osservazioni astronomiche, necessarie per determinare ad ogni momento la posizione del bastimento; in tempi più recenti, alla fine del secolo scorso ed al principio del nostro, si trovò la forma più opportuna da darsi ai bastimenti, per renderli atti a fendere l'acqua e più pronti a dirigersi col timone e coi movimenti delle vele. In tal modo, mentre in altri tempi si tenevano per ottimi e velocissimi i bastimenti a vela che facevano cinque nodi (miglia) all'ora, e la velocità media era di 2 a 3 nodi all'ora, al giorno d'oggi la velocità media è di otto nodi all'ora, e può giungere fino a 12, e fors'anche a 16 o 17 nodi, pei *clipper* più svelti e leggeri. I viaggi sono quindi divenuti molto più brevi. Altre volte il viaggio dall'Inghilterra alle Indie durava dieci mesi, ed ora non ne dura più di tre o quattro. Un clipper mercantile americano fece nel 1853 ventitre chilometri all'ora, ed un altro ventotto chilometri e 860 metri all'ora per ventiquattr'ore continue, mentre la velocità media dei convogli di mercanzie sulle ferrovie è di ventisei chilometri all'ora.

Questi guadagni di tempo ottenuti col perfezionare i mezzi di navigazione possono essere ancora accresciuti col trar profitto della perfetta conoscenza delle correnti e dei venti. Abbiamo già veduto che un tragitto di 40 giorni fu ridotto dapprima da Maury a 24, più tardi a 20 ed a 12 giorni soltanto, ed ora si fa sempre in meno di un mese. Dall'Inghilterra s'andava a Sidney in 125 giorni, e si ritornava in altrettanti, facendo il viaggio completo in 250 giorni; e Maury ha trovato che, traendo profitto dalle correnti e dai venti costanti e periodici, sarà meglio andare pel Capo di Buona Speranza e ritornare pel Capo Horn, e che la durata totale del viaggio sarà di soli 130 giorni, e fors'anche meno: or bene s'è fatto il calcolo che nella spesa di trasporto d'un carico medio di mercanzie dall'Europa alla Nuova Olanda, e di là in Europa, con un risparmio di soli 20 giorni nel viaggio si può fare un risparmio di diecimila franchi. Da questo si deduca qual enorme risparmio si potrà fare nelle spese di trasporto delle mercanzie e dei viaggiatori colla perfetta conoscenza delle correnti e de' venti, e quanto utile siano per essere le ricerche in apparenza puramente scientifiche del luogotenente Maury.

Interessantissima, ma molto più difficile, è la ricerca delle cause delle correnti marine; e in fatto siamo ancora ben lungi dal conoscerle a sufficienza, anche per le difficoltà che v' hanno nel determinare le direzioni, le velocità e le dimensioni di quelle meno forti e meno palesi.

Per farci un'idea generale delle principali cause probabili del fenomeno in discorso, supponiamo che tutta la terra sia coperta d'acqua, e che manchino affatto il sole, i venti e l'evaporazione. Supponiamo che comincino ad agire su quest'immenso oceano i venti, e specialmente gli *alisei*, che soffiano regolarmente da nord-est fra il tropico del cancro e l'equatore, e da sud-est fra il tropico del capricorno e l'equatore, lasciando fra loro una ristretta zona di calme e di tempeste irregolari, ma senza venti costanti. Tali venti daranno origine fra i tropici ad una corrente generale e superficiale del mare, da levante verso ponente. — Supponiamo che agisca po-

ne sia più ricca. Carlo Darwin, nel bel giornale dei suoi lunghi viaggi, fa giustamente rimarcare, che in nessuna foresta di terra ferma v'ha

scia anche il sole, col suo calore e coll'attrazione: il moto delle maree verrà a favorire la corrente già formata, e nello stesso tempo l'acqua sotto la zona torrida, riscaldata maggiormente che quella ai poli, si farà più leggera e contribuirà a rendere ancora più manifesta la corrente. E l'azione combinata del sole e dei venti produrrà l'evaporazione più abbondantemente nella zona torrida che nelle altre, e sollevando il vapore prodotto lo porterà verso i poli, dove esso vapore si condenserà in pioggia od in neve; l'acqua della zona torrida si farà quindi sempre più ricca di sale e densa, e andrà sempre diminuendo di livello, mentre di quella nelle zone temperate o fredde aumenterà invece la quantità, e diminuirà la salsedine e la densità; l'acqua della zona calda scenderà quindi al fondo, e ad occupare il suo posto verrà per la superficie del mare quella delle zone fredde e temperate, e quindi si produranno delle correnti superficiali d'acqua fredda dai poli verso l'equatore, e delle correnti profonde dall'equatore verso i poli, le quali si combineranno con quella che abbiamo veduta prodotta da altre cause fra i tropici, da levante verso ponente. Finalmente tutte le particolarità e irregolarità del fondo del mare, delle coste, dei venti, dei fiumi ecc., modificheranno queste correnti generali, e produrranno tutti quei fenomeni particolari, che realmente avvengono nelle varie regioni del mare.

A queste correnti secondarie spetta quella che dall' Atlantico entra nel Mediterraneo per lo stretto di Gibilterra, e vi porta tale quantità d'acqua, che non deve bastare la grande evaporazione, che ha luogo alla superficie, a mantenere costante il livello del Mediterraneo, ma vi dev'essere anche una corrente profonda, in direzione contraria alla prima, per riportare nell' Atlantico l'eccesso dell'acqua entrata. Altrettanto si deve dire del Mar Rosso e d'altri mari interni.

Ma in generale, ripetiamo, lo studio delle correnti marine è assai difficile, e per quelle superficiali devesi ricorrere più che ad altro ad osservazioni fatte col termometro, e per le profonde non possono servire con profitto e certezza che le osservazioni sulla natura del fondo del mare, sulle sabbie e sugli animaletti microscopici che vi si trovano, e sui luoghi di loro provenienza.

A questi studii si collegano intimamente quelli sulle correnti atmosferiche, ossia sui venti, ed anche ad essi il luogotenente Maury ha rivolto già da varii anni la sua attenzione; ed anzi, i risultati generali a cui è giunto rispetto a queste correnti sono molto più completi di quelli sulle correnti marine, così che egli è giunto a trovare la spiegazione dei venti secchi, dei venti umidi, delle stagioni delle pioggie, del trasporto di polveri formate di animaletti microscopici, e di tanti altri fenomeni finora poco noti e poco studiati. Ma di questo argomento non è qui il luogo d'occuparci, dovendo trovarsi più avanti in questo stesso volume il trattatello dell'Atmosfera. Chi amasse conoscere più particolarmente tutto quanto risguarda così le correnti del mare, come quelle dell'atmosfera, potrà leggere con profitto gli articoli sulla *geografia fisica del mare* nella *Revue britannique*, fascicoli di gennajo e di marzo 1858, quelli intitolati *Une entreprise maritime au XIX siècle* nella *Revue des deux mondes* del marzo 1858, quelli intitolati *L'océan islandais* sul fascicolo del novembre 1857 della stessa Rivista, e le stesse opere originali di Maury: *The physical geografy of the Sea; Wind and Current Charts; Explanation and sailing directions to accompany the Wind and Current Charts; Conférence maritime tenue à Bruxelles pour l'adoption d'un système uniforme d'observations météorologiques à la mer.* (*N. del Trad.*)

maggior numero d'animali, che nelle foreste sottomarine, formate da immense alghe natanti e in mille modi intrecciate, da fuchi galleggianti e portati dalle correnti, perchè muniti di cellule aeree che li rendono più leggieri. Il microscopio fa aumentare ancora maggiormente la nostra meraviglia, mostrandoci l'immensa quantità e varietà di animali piccolissimi (infusorii poligastrici e briozoi), che abitano tutti i recessi del mare a qualunque profondità, che spesso sono anche fosforescenti e rendono luminosa tutta la superficie del mare, come se fosse un mare di fuoco, e che si riproducono con una rapidità estrema e in tale abbondanza, da rendere l'acqua del mare simile ad una gelatina liquida e vivente, destinata a servire di alimento agli animali più complicati.

**208. Impressioni morali.** — Tale ricchezza e varietà di forme animali, completamente organizzate e spesso anche bellissime, non offre soltanto un oggetto interessantissimo a studii interminabili, ma solleticano anche piacevolmente la fantasia e l'immaginazione; e queste sono specialmente eccitate dalle impressioni dell'infinito e dell'incommensurabile in noi prodotte dai viaggi di mare. Il nostro spirito trova nello sterminato orizzonte del mare un'immagine dell'infinito, e gli occhi si fermano specialmente a contemplare quella linea indefinita, dove il cielo sembra congiungersi col mare, e dove sorgono e tramontano con regolari alternative il sole e gli altri astri; e in queste contemplazioni come in ogni altro umano godimento, si manifesta sempre in noi *un certo qual soffio di tristezza e di vago desiderio* (1).

Dott. GIOVANNI OMBONI.

Arabia e Persia.

(1) Humboldt, *Cosmos*.

# LA CROSTA DELLA TERRA

OSSIA

# PRIME NOZIONI DI GEOLOGIA

I. Introduzione. — II. Struttura della crosta terrestre; e rocce. — III. Storia fisica del globo terrestre e della vita sulla sua superficie. — IV. Dislocazioni della crosta terrestre e origine ed età relativa delle montagne. — V. Terremoti, formazione dei filoni, e movimenti insensibili del suolo. — VI. Fenomeni vulcanici. — VII. Lenta azione dell'aria, dell'acqua e del calorico sulla superficie terrestre.

## I.

**1.** Non deve produr meraviglia il vedere che la terra, che ci fu assegnata dal Creatore come nostra dimora, sia fra tutti i grandi corpi dell'universo quello che ha maggiormente attratta la nostra attenzione, e che sia stata quindi l'oggetto delle più ostinate e interessanti ricerche degli studiosi. Considerata sotto varii aspetti, essa fornisce argomenti di studio ai cultori di parecchie scienze ben distinte.

**2. Geografia matematica.** — Considerata nella sua intera massa e nei suoi rapporti cogli altri corpi dell'intero universo, la terra forma il soggetto della *Geografia matematica*, la quale comprende la soluzione dei problemi sulla grandezza della terra, — sulla sua forma esatta, — sui suoi rapporti cogli altri corpi del sistema solare, — sul suo moto annuale attorno al sole, che produce l'apparente moto del sole stesso pei varii segni dello zodiaco, — sulla rotazione diurna, che produce l'apparente moto diurno del cielo e il succedersi dei giorni e delle notti, — sulla particolare inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica, causa del regolare succedersi delle stagioni, — sulla divisione del globo in zone e climi, — e sul sistema di circoli immaginarii, di latitudine e di longitudine, che forniscono i mezzi di esprimere la posizione di ogni luogo della superficie terrestre rispetto all'equatore, ai poli e ad altri punti presi come termini fissi di confronto.

**3. Geografia fisica.** — Considerata invece sotto l'aspetto fisico, la terra forma il soggetto della *Geografia fisica,* che descrive la distribuzione della terra e dell'acqua sulla sua superficie, — l'estensione e la configurazione dei continenti e delle isole, — l'altezza

e le direzioni principali delle catene montuose, — la forma, l'estensione e la direzione delle pianure e delle valli, — il rilievo generale delle terre sul livello del mare, — gli effetti del suolo e dei climi, — e la distribuzione degli animali e delle produzioni vegetali nei diversi paesi e climi.

**4.** Questa parte della geografia, ossia la geografia fisica, comprende anche lo studio dei fenomeni che avvengono nell' oceano e nei mari interni, della loro profondità, salsedine e temperatura, della direzione e della velocità delle loro correnti, dell'estensione dei ghiacci polari, ed altri fenomeni che da questi dipendono o sono con essi intimamente legati.

**5. Parti della geografia fisica: idrologia, meteorologia e climatologia.** — Alcune suddivisioni principali sono talvolta distinte con nomi speciali. *Idrologia* è detta quella relativa all'oceano, ai mari e ai laghi; *Meteorologia* quella che comprende le ricerche sull' atmosfera e sui fenomeni che in essa avvengono; e *Climatologia* lo studio della temperatura dei differenti paesi, dell'altezza della linea delle nevi perpetue, dei venti principali, della pressione atmosferica, dei fenomeni magnetici, dell' annuale quantità di pioggia, ecc. (1).

**6. Geografia politica.** — Terzo aspetto sotto il quale può essere studiata la terra è quello relativo alle differenti nazioni ed alle varie forme di governo; e quindi la *Geografia politica* si occupa delle condizioni morali e sociali dei popoli, dei loro linguaggi, delle loro religioni, dei loro governi, della loro civilizzazione, e della proporzione che v'ha fra la popolazione e l'area di ciascun paese (2).

(1) Altri dividono la Geografia fisica in un modo un po' diverso. *Orologia* è per essi lo studio delle parti solide della superficie terrestre; *Idrologia* è lo studio delle acque in generale, e più specialmente *Pelagologia* quello del mare, *Potamologia* quello dei fiumi, e *Limnologia* quello dei laghi; la *Meteorologia*, dalla quale alcuni non distinguono la *Climatologia*, comprende tutto quanto risguarda l'atmosfera, la sua temperatura, la sua pressione, i venti, le pioggie, l'elettricità atmosferica, il magnetismo terrestre, i climi, ecc. e finalmente la *Geografia zoologica* e *botanica* comprende lo studio della distribuzione degli animali e vegetali sulla superficie della terra. (*Nota del Trad.*)

(2) Questa parte della geografia è da alcuni autori divisa in due: l'*Etnografia*. che si occupa specialmente della distribuzione geografica delle nazioni, dei costumi, della civilizzazione, della lingua, della letteratura, ecc., di ciascuna di esse; e la *Geografia politica* propriamente detta, che tratta più particolarmente dell'estensione degli stati, delle loro forme di governo, delle leggi che li reggono, ecc. La *Statistica geografica ed etnografica*, coi suoi dati numerici sulle popolazioni, sulla loro densità, sulle nascite e sulle mortalità nei diversi paesi, e su molti altri argomenti analoghi. può ritenersi come una parte dell'etnografia. (*Nota del Trad.*)

**7.** Si vede quindi che le parti della geografia propriamente detta comprendono soltanto lo studio della superficie delle terre, quello delle acque che le bagnano, e quello dell' atmosfera che riveste tutto il globo.

**8. Geologia.** — Un' altra scienza non meno importante, e che per molti è ben più che una semplice parte della geografia, è quella che studia la struttura interna delle terre e del globo in generale. Essa è chiamata *Geologia* (1).

**9. Originaria fluidità della terra dedotta dalla sua forma.** — Nei nostri trattatelli relativi alla *Geografia matematica* e all' *Astronomia* sono già esposti varii argomenti che risguardano l' interno della terra. In essi è provato, per esempio, che la densità del globo va crescendo dalla superficie verso il centro, e che dalla particolar forma della terra si può dedurre lo stato fluido o almeno pastoso dei materiali componenti la terra, all' epoca della sua formazione. Abbiamo già veduto infatti nel trattatello della *Terra in generale* che la forma della terra è quella chiamata *sferoide appiattito* dai geometri, figura che somiglia fino a un certo punto a quella di una melarancia o d'una rapa. La terra è dunque un po' compressa ai poli, e rigonfia all' equatore. D' altra parte si prova con calcoli e con facili esperienze fisiche che se un globo di materia liquida o pastosa ed elastica è dotato d' un moto di rotazione sopra uno dei suoi diametri preso come asse del movimento, la forza centrifuga che si produce fa sì che quel globo va sempre più deprimendosi o schiacciandosi verso i poli e gonfiandosi verso l' equatore; così che ogni sezione fatta secondo un piano passante per l' asse di rotazione si trova avere la forma di un elisse, e il grado di elitticità di questa sezione, ossia il grado di schiacciamento del globo, è tanto più grande quanto più grande è la velocità del moto di rotazione, e così intimamente collegato con questa velocità, che i matematici possono dedurre dalle dimensioni delle elissi, ossia dallo schiacciamento del globo, la stessa velocità del moto di rotazione.

**10.** Prima che la forma della terra fosse determinata con osservazioni precise ed esatte, i matematici avevano già trovato col mezzo del calcolo quale avrebbe dovuto essere quella forma, in conseguenza del moto

(1) Quantunque gli studiosi dividano per loro comodo lo studio della terra in varie scienze distinte, non è credersi che queste sieno affatto indipendenti l'una dall'altra; che anzi, ciascuna di esse è intimamente legata con tutte le altre, così che bene spesso riesce impossibile conoscerne una senza possedere almeno le nozioni fondamentali di tutte le altre. Del che abbiamo già veduto e vedremo sempre le prove in tutti questi trattatelli relativi alla terra. (*Nota del Trad.*)

diurno di rotazione e della sua velocità, qualora la terra fosse stata tutta formata di materie capaci di muoversi e di obbedire completamente alla forza centrifuga. Più tardi, essendosi misurata con tutta l'esattezza possibile la forma della terra, per mezzo della misura diretta dei suoi meridiani, si trovò che essa forma coincide appuntino con quella dedotta anticipatamente dalla velocità del moto diurno di rotazione.

**11.** E da questo si dedusse naturalmente che nel suo stato originario, prima che si trovasse nelle circostanze attuali, la terra dev'essere stata una massa fluida; che mentre si trovava in questo stato le fu compartito quel moto di rotazione uniforme, che ancora conserva ed a cui si deve la successione dei giorni e delle notti; che in conseguenza di questo moto ha preso l'attuale forma sferoidale compressa; e che le parti superficiali si sono in appresso solidificate a poco a poco, e per una lunga serie di cambiamenti hanno acquistata l'attuale loro configurazione, che forma i mari, i continenti, le montagne, le valli, ecc.

**12. Perchè la fluidità originaria della terra debba esser stata ignea.** — Nei nostri trattatelli sul *Calore terrestre* e sui *Terremoti e Vulcani* vedremo essere provato da molti fatti: che quanto più scendiamo o approfondiamo i nostri istrumenti nella terra, sia per mezzo di miniere, sia con pozzi artesiani, sia con altri mezzi artificiali, tanto più elevata troviamo la temperatura dei materiali componenti essa crosta; che questo aumento di temperatura è regolare, graduato e continuo per tutte le profondità esplorate; e che quindi non è improbabile che questo aumento continui a profondità ancora maggiori, fino al punto di mantenere continuamente fusi tutti i materiali al di là di una certa profondità. Deduzione questa, che è confermata anche dalle sorgenti più calde che sorgono da profondità maggiori, e dai fenomeni vulcanici, in cui vedonsi i vapori sollevare fino alle bocche dei vulcani le lave liquefatte al modo del bronzo o del vetro, che vengono fusi artificialmente nei nostri forni (1).

È dunque da ammettersi l'originaria fluidità ignea della terra per opera d'un intensissimo calore.

(1) E d'altra parte si è calcolato che tutta l'acqua attualmente esistente sulla superficie del globo non potrebbe bastare a sciogliere se non una piccolissima parte dei materiali componenti il globo; e che è assurdo, o per lo meno contrario a tutti i fatti bene osservati, il supporre che nelle epoche più antiche abbia esistito sul globo una quantità d'acqua così grande, da poter mantenere disciolti tutti i materiali solidi della terra. Queste ed altre considerazioni analoghe, combinate con quelle esposte nel testo, rendono più che probabile la teoria, ora generalmente adottata, che ammette la fluidità ignea originaria del globo. (*Nota del Trad.*)

**13. Parti ancora fuse sotto la crosta solida della terra.** — L'aumento della temperatura colla profondità è di circa un grado del termometro centigrado per 30 metri di profondità, ossia di circa 60 gradi per ciascun miglio di profondità. È quindi probabile che a una profondità maggiore di 40 miglia, che sono una centesima parte del raggio terrestre, si trovi un calore di più di 2400 gradi, e quindi capace di fondere la maggior parte e fors'anche tutti i materiali, di cui vediamo formata la superficie del globo e le parti interne, che possiamo studiare col mezzo delle miniere e degli altri scavi artificiali.

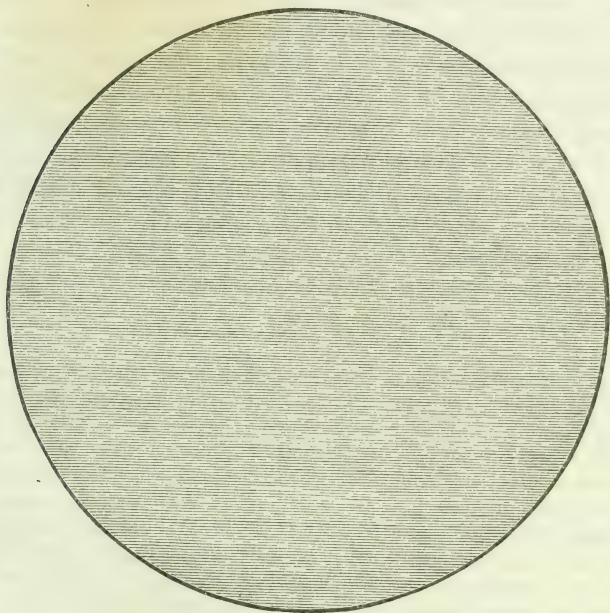



Fig. 1.

Non è quindi contrario alla ragione e al buon senso l'ammettere, senza però pretendere una scrupolosa precisione numerica, che la terra sia una crosta solida, avente uno spessore medio di quaranta miglia (che sono una centesima parte del raggio terrestre), e racchiudente un'immensa massa di materie continuamente allo stato di fusione ignea. Della quale composizione può dare un'idea la figura qui unita, che rappresenta una sezione del globo, e nella quale la linea nera, che ne fa il contorno, rappresenta lo spessore della crosta solida in proporzione colla enorme massa delle materie fuse in essa contenute.

La crosta solida della terra è quindi esilissima, in confronto delle dimensioni del nucleo fuso; e se si volesse rappresentare la terra con un uovo di uccello, il guscio sarebbe troppo grosso per rappresentare convenientemente la crosta solida della terra, in confronto del nucleo fuso, rappresentato dalle materie liquide componenti l'uovo.

Non è dunque un'esagerazione rettorica il dire che noi viviamo sopra un guscio sferico, grandissimo ma sottilissimo, e pieno di liquidi infuocati; e che c'è da maravigliarsi grandemente che una crosta così sottile e sostenuta da siffatti liquidi non si rompa ad ogni momento, ma possa conservare quella stabilità che la caratterizza tanto, da prendersi appunto la superficie della terra come tipo di tutto quello che v'ha di più stabile e durevole. Nel presente trattatello vedremo ciò che è più interessante a sapersi intorno a questa stabilità (1).

**14. Di che si occupi dunque la geologia.** — Le ricerche sulla struttura e sulle condizioni di questa crosta solida e dello sferoide terreste, fino alle materie fluide sottoposte, e quelle sulle variazioni e sui fenomeni che avvennero e che hanno luogo tuttora in questa crosta e negli animali o vegetali delle epoche antiche e dell'attuale, formano il soggetto della *Geologia.* (2)

(1) Secondo il signor Hopkins, lo spessore della crosta terrestre presenterebbe molte variazioni locali. Egli crede quindi che nella sua superficie inferiore vi siano delle caverne, e che in queste si trovino delle masse di materie fuse. Lo spessore della crosta solida giungerebbe secondo questo autore ad 800 o 1000 miglia. Vedansi le sue memorie sullo stato dell'interno della terra nelle *Philosophical Transactions* dal 1839 al 1842. (*Nota dell'originale inglese.*)

Altri autori, invece di ammettere fusa tutta la massa interna della terra, suppongono che v'abbia nel centro del globo un immenso nucleo metallico e freddo, e che si trovi soltanto uno strato di rocce fuse fra questo nucleo e la crosta solida superficiale. E questo per mettere d'accordo le osservazioni sull'aumento del calore nelle parti più profonde della crosta terrestre con quelle sulla maggiore densità della parte centrale. Qualunque di queste due ipotesi si voglia ammettere, sta sempre che la crosta solida dev'essere sottilissima in confronto colla grandezza delle parti interne; e sotto ad essa ci dev'essere, per così dire, un bagno di materie fuse, che vengono a nostra conoscenza nelle eruzioni dei vulcani.

(*Nota del Trad.*)

(2) *Geologia* è il nome generico di questa scienza; *Geognosia* è più specialmente chiamata la parte relativa allo stato attuale della crosta terrestre; *Paleontologia* quella che studia gli animali e vegetali *fossili*, cioè gli animali e i vegetali di cui troviamo le impronte e gli avanzi nelle rocce costituenti la crosta terrestre. *Geologia* viene dalle parole greche *ge* terra e *logos* discorso; *geognosia* da *ge* terra, e *gnosis*, cognizione; e *paleontologia* da *palaios*, antico, *ontos* enti e *logos* discorso. La parte della paleontologia che studia gli animali fossili è detta particolarmente *paleozoologia*, cioè scienza degli animali antichi, e quella relativa ai vegetali *paleofitologia*, cioè scienza delle piante antiche. (*Nota del Trad.*)

## II.

## STRUTTURA GENERALE DELLA CROSTA TERRESTRE E ROCCE CHE LA COMPONGONO.

**15. Fino a quale profondità si possa conoscere la struttura della crosta terrestre.** — Considerando che per quanto sottile sia la crosta terrestre rispetto al diametro della terra pure il suo assoluto spessore è probabilmente di 30 a 40 miglia e deve quindi eccedere ogni profondità accessibile e soggetta alla diretta osservazione, si potrebbe credere affatto inutile e vana ogni ricerca intorno alla sua struttura; tuttavia v'ha una circostanza, che a primo aspetto sembrerebbe dover porre degli ostacoli insuperabili a queste ricerche, e pure serve mirabilmente a renderle possibili e facili. Questa circostanza è la stessa irregolarità della superficie terrestre attuale. Ciò che l'uomo non può fare, l'hanno già fatto per lui le forze sotterranee. La crosta solida fu rotta da esse, i suoi pezzi furono dislocati, ed estesissimi tratti delle parti interne furono così messi a nudo ed esposti alle nostre osservazioni dirette, meglio che se noi potessimo discendere per mezzo di miniere fino al posto che esse dovrebbero occupare, se non fossero state mosse e dislocate. Intorno a questo fatto, che ci facilita tanto lo studio della crosta terrestre, ritorneremo con maggiori particolari più tardi. (1)

(1) Alcuni pochi esempii pratici renderanno più chiara l'utilità di questo mezzo per lo studio delle parti interne della crosta terrestre.

Chi parte da Milano e si dirige verso tramontana, trova che nelle colline della Brianza sporgono dalle alluvioni di ghiaie, sabbie e argille di tutta la pianura lombarda molti strati d'arenarie (molere) e di rocce calcaree, che s'affondano verso mezzodì sotto al predetto deposito alluvionale, e ricompaiono, benchè con aspetto un po' diverso, negli Apennini. Più verso tramontana trova sporgere una gran serie di strati calcarei, inferiori agli strati della Brianza, ma superiore ad un'altra serie di strati, di bevole, serizzi ed altre roccie analoghe, che formano sul lago di Como tutti i monti da Bellano sino allo sbocco della Valtellina. Le stesse rocce costituiscono poi anche tutta la zona centrale delle Alpi, insieme coi graniti e con altre rocce analoghe, sulle quali esse si appoggiano. Se dunque questi strati non fossero stati dislocati, la Lombardia sarebbe tutta piana, e presenterebbe nella sua struttura la stessa successione di rocce (sabbie, ghiaie e argille, molere e calcari, altri calcari, bevole, serizzi, graniti, ecc.), ma per vedere questa successione sarebbe necessario discendere in pozzi così profondi da attraversarle tutte; il che sarebbe infinitamente meno facile che l'osservare i fianchi delle montagne e le pareti dei burroni dalla Brianza sin al centro delle Alpi; ed anzi sarebbe affatto impossibile vedere tutte quelle rocce con questo mezzo.

**16. Disposizione dei materiali componenti la crosta terrestre.** — Per maggiore chiarezza supponiamo dapprima che si scelga una parte della crosta terrestre, la quale sia piana ed a livello per una grande estensione, e non abbia subito alcuna alterazione nella sua struttura per parte delle forze interne, così che tutti i materiali che la compongono dalla superficie sino allo strato in fusione siano rimasti nel loro stato ed ordine normale e originario. Se noi immaginiamo che per mezzo d'una generale sezione di questa porzione della crosta terrestre si possa vedere la disposizione dei materiali che la compongono, si dovranno trovare disposti in tanti strati sovrapposti con un certo ordine determinato, conservando ciascuno strato la stessa composizione in tutta la sua estensione.

**17. Che intendasi per roccia.** — I materiali che compongono questi strati, i geologi li chiamano in genere *rocce*, adoperando questo vocabolo con un significato più generico che nel linguaggio comune. Nel significato geologico sono rocce non soltanto le pietre e in generale i materiali coerenti e solidi, ma anche tutte le altre materie, che entrano nella composizione della crosta terrestre; e quindi pei geologi anche le argille, le sabbie e le ghiaie sono rocce, così come i graniti, i marmi e le arenarie.

**18. Come si dividano le rocce in cinque gruppi.** — Adottando per il vocabolo *roccia* questo più ampio significato, si trova che gli strati componenti la crosta terrestre sono formati di un grandissimo numero di banchi, ciascuno dei quali è caratterizzato da rocce aventi una particolare composizione ed un particolare stato di aggregazione.

Gli strati così sovrapposti e componenti la crosta terrestre, dal più profondo, che s'appoggia sopra le rocce fuse, fino alla superficie, sono molto numerosi; ma si è trovato che si possono ridurre ai cinque gruppi seguenti, cominciando dal più profondo:

1.° Rocce ignee.

2.° Rocce di transizione o metamorfiche.

3.° Rocce secondarie.

4.° Rocce terziarie.

5.° Rocce diluviali e alluvionali, immediatamente coperte dal terreno vegetale, che forma la superficie del suolo.

Altrettanto si può ripetere per gli osservatori che partissero dalla pianura veneta per esaminare le Alpi venete, da Torino per osservare le Alpi piemontesi e savojarde, e da Genova, da Alessandria, da Bologna, da Firenze, da Roma, da Napoli ecc. per vedere la struttura degli Apennini. Tutti troverebbero nelle loro montagne una struttura analoga e paragonabile a quella che abbiam detto trovarsi

Vediamo dapprima i caratteri generici di questi cinque gruppi di rocce; vedremo poi dopo di quali strati sia composto ciascuno di essi in particolare.

**19. Rocce ignee.** — Il gruppo più profondo comprende le rocce chiamate *ignee*, perchè formate di masse minerali cristallizzate. Questo infatti è lo stato che assume necessariamente la materia quando, dopo essere stata fusa per mezzo d'una grande elevazione di temperatura, si raffredda lentamente e gradatamente fino al punto di solidificarsi. In tali circostanze le sostanze componenti la materia si raggruppano insieme a seconda delle loro affinità rispettive, ed assumono le forme cristalline proprie ai loro composti; e dopo il raffreddamento e la solidificazione la materia presenta l'aspetto d'un'agglomerazione di cristalli fra loro irregolarmente intrecciati e incastrati. E tale è appunto la struttura delle rocce formanti il gruppo più profondo, ora in discorso.

Le rocce di questa specie, che sono soggette alla nostra osservazione, si ritengono formare la parte esterna della parte più profonda della crosta terrestre, perchè noi non possiamo in alcun luogo vedere le sue parti interne, immediatamente sovrapposte alle rocce fuse.

Per i motivi or ora accennati le rocce in discorso furono chiamate *rocce plutoniche* od *ignee*, ossia di origine ignea (1).

**20. Di cosa siano composte le rocce ignee.** — Queste rocce più profonde, che possono ritenersi aver fornito quasi tutti i materiali di cui sono formati tutti gli strati sovrapposti, così che di questi materiali si può considerare composta tutta la crosta terrestre, consistono principalmente nel granito, che è la roccia più dura e resistente, così che riesce preziosissima per i suoi usi nelle costruzioni. Questo granito è frammisto ad altre rocce meno abbondanti, formate dai minerali chiamati *amfibola, pirosseno* e *peridoto.*

**21. Granito.** — Il granito (2) è una agglomerazione di cristalli di tre minerali, chiamati *felspato, mica e quarzo.* Il *felspato*, è di solito bianco o grigio e lamelloso, ed è difficilmente fusibile alla

nelle Alpi lombarde, e giungerebbero ad immaginarsi quale sarebbe la struttura della crosta terrestre sotto al suolo di tutta l'Italia, qualora non fosse stata rotta e dislocata per opera delle forze sotterranee. E tal risultato generale, rappresentato in una tabella, darebbe un'idea delle rocce di tutto il suolo italiano e della loro posizione rispettiva. (*Nota del Trad.*)

(1) Da *Plutone*, dio del Fuoco. Furono chiamate anche *Rocce endogene*, perchè prodotte nell'interno della crosta terrestre; dalle parole greche *endon*, al di dentro, *genesis*, origine. (*Nota del Trad.*)

(2) *Miarolo* dei Lombardi. (*Nota del Trad*).

fiamma avvivata col cannello (1). Gli ossidi di ferro e di manganese gli sono spesso commisti, in quantità piccolissima, così che lo colo-

(1) Ecco che sia e come si adoperi il *cannello ferruminatorio*, detto anche semplicemente *cannello* dai mineralogisti, che se ne servono per fondere i minerali, e dagli orefici che con esso fondono i metalli ed eseguiscono le piccole saldature. È un tubo di latta o d'ottone, ricurvo (fig. 2) oppure (e meglio) conico (fig. 3) o con un rigonfiamento alla sua estremità e con un piccolo tubo, fissato ad angolo retto; e con esso si soffia nella fiamma d'una candela (fig. 2) per avere un dardo di fiamma molto più caldo e attivo della fiamma comune. Il tubo conico o con un allargamento è più comodo perchè in esso l'umidità del fiato si condensa e non rende interrotto il soffio. L'estremità che deve toccare la fiamma si fa di platino, perchè non si ossidi e perchè, quando il nero fumo ne chiuda l'apertura, si possa levare ed esporre alla stessa fiamma per pulirla col mezzo dell'arroventamento, e non sia necessario far uso di aghi o di altri mezzi, che ne guasterebbero facilmente l'apertura.

Fig. 2. Fig. 3.

I minerali da assaggiarsi si sottopongono in piccolissime scaglie all'azione di quel dardo, sostenendoli con una pinzetta di ferro e colla estremità di platino, così foggiata (fig. 4), che da sè stessa tenga fermo fra le sue estremità il minerale.

Il combustibile più comodo ad adoperarsi è una candela stearica, perchè non lorda così facilmente come le lampade ad olio, e il suo lucignolo sta naturalmente piegato da un lato, e non è necessario dargli questa posizione od ogni momento, durante l'operazione, come si dovrebbe fare se la candela fosse di sego. Per sostenere questa candela serve qualunque candelliere. Alcuni preferiscono un tubo di latta (fig. 5) in cui si chiude la candela, e nel quale è posta una molla a spirale di ferro, che mantiene sempre l'estremità superiore della candela allo stesso livello, col lucignolo sporgente dall'apertura superiore del tubo di latta. A questo tubo adattano anche dei tubetti lateralmente (fig 2), per sostenere dei fili di ferro piegati ad angolo retto e terminati con un anello o con un triangolo, che servono a portare delle capsuline di porcellana o dei vetri d'orologio, per gli assaggi dei minerali col mezzo dell'acqua, degli acidi, d'altri liquidi e del calore.

Fig. 4.

Fig. 5.

Il soffio dev'esser continuo e non interrotto dai movimenti per la respirazione; a ciò si giunge respirando pel naso, mantenendo sempre piena d'aria la bocca, e soffiando colla sola forza d'elasticità delle guancie. A tutta prima questo sembra una cosa impossibile, ma un po' di pratica ne insegna subito il modo più opportuno.

Sottoposto per qualche tempo il minerale all'azione del dardo e specialmente della sua parte più calda, che è vicina alla sua punta, se non si vede fondersi manifestamente durante l'operazione, si guarda attentamente dopo raffreddato, e se non si scopre coll'occhio armato d'una buona lente alcun globulo simile a vetro od a smalto fuso, od alcun margine arrotondato per effetto del calore, il minerale si giudica esser infusibile.

Molte altre cose si osservano col mezzo del cannello nello studio dei minerali, ma esse non fanno per noi in questo momento, per cui rimando chi volesse conoscerle ai trattati completi di mineralogia. (*N. del Trad*).

riscono in roseo carnicino o in rosso vivo, secondo le sue proporzioni (1).

Il *mica* è in laminette elastiche, che riflettono vivamente la luce, quasi come i metalli ben tersi. Il suo nome deriva appunto dal latino *micans*, splendente. Si trova anche in altre rocce, e specialmente nei serizzi (beole), nelle arenarie (molere) e nelle sabbie dei fiumi (2).

Il *quarzo* si trova nel granito in forma di cristalli bianchi non lamellosi, od in granelli con aspetto vitreo e grigi. È la sostanza comunemente nota sotto il nome di *silice* o *selce*, che si adopera per la fabbricazione del vetro. È uno dei materiali più abbondanti, trovandosi anche in molte altre rocce, come vedremo più avanti. Ed è specialmente a questo minerale che il granito deve la sua grande durezza. Quando è ben cristallizzato e limpido, in cristalli prismatici a sei lati, terminati da piramidi esagone, è chiamato anche comunemente *cristallo di rocca* (3).

**22. Modo d'aggregazione degli elementi del granito.** — È da rimarcarsi che i diversi materiali componenti le rocce ignee non sono fra loro chimicamente combinate nello stesso modo che il solfo, l'ossigeno e il ferro nel vitriolo: essi sono al contrario agglomerati meccanicamente e intrecciati, e formano una aggregazione di cristalli fra loro uniti per mera adesione, così che si possono disgiungere con soli mezzi meccanici, cioè col mezzo della percussione, della compressione, ecc.

**23. Composizione chimica degli elementi del granito.** — Questi elementi però sono altrettanti veri composti chimici. — Così, il felspato è composto di silice, di allumina, di calce, di potassa e di

(1) *Felspato*, che altri dicono *feldspato* o *feldispato*, è di origine tedesca, da *spath*, minerale lamelloso e lucente, e *feld*, campo, o *fels*, roccia: significa quindi *spato di roccia* o *di campo*. (*Nota del Trad.*)

(2) Il mica è di solito nero nel granito; ma talvolta è grigio, verde, giallo o bianco, per cui volgarmente si prende per oro od argento in pagliette. (*Nota del Trad.*)

(3) Nel granito bianco o grigio, comunemente adoperato nell' Italia superiore per lastricare le vie e per fare colonne ed altri ornamenti dei palazzi e delle case comuni, il felspato è di solito bianco e poco lucente e lamelloso, il quarzo è granoso, grigio e vitreo, il mica lamelloso è nero. — Il granito roseo di Baveno sul lago Maggiore, che è più pregiato del precedente, e si adopera agli stessi usi perfino a Roma, differisce dal precedente, per il suo felspato che è tutto od in parte colorito in roseo. — Sono belle a vedersi certe parti nelle quali i componenti del granito sono in cristalli o in lamine di volume maggiore del solito così che riesce facilissimo distinguerlo. Sono assai frequenti nelle cave di Baveno. (*Nota del Trad.*)

soda, ossia è una combinazione di questi ossidi (ossidi dei metalli alluminio, calcio, potassio e sodio) coll' acido silicico (silice o quarzo). — Il mica ha una composizione affatto analoga, coll'aggiunta di un po' di silicato di ferro (composto di silice, ossia acido silicico, e d'ossido di ferro). — Il quarzo è silice pura. — Da ciò si vede quanto importante sia la parte che la silice ha nella composizione della crosta terrestre.

**24. Altre rocce granitiche. — Rocce porfiriche.** — Se gli elementi delle rocce ignee granitiche, invece d'essere distintamente cristallizzati e agglomerati insieme meccanicamente, fossero fra loro combinati chimicamente, si troverebbero sempre nelle stesse proporzioni in tutte quelle rocce; ma siccome sono soltanto misti e uniti meccanicamente, così le loro proporzioni sono variabilissime, e possono dar origine a molte diverse varietà di granito.

Se la pasta della roccia è di felspato quasi puro, o con pochissime quantità di quarzo e di mica, riesce più o meno compatta, e contiene dei cristalli sparsi dei tre componenti, cioè di felspato, di mica e di quarzo, e forma una roccia che anche comunemente riceve il nome di *porfido* (1).

In altri casi la massa della roccia è un vero granito, bianco, grigio, roseo o verdognolo, e contiene dei cristalli sparsi e più grossi di felspato e di quarzo; e si ha la roccia chiamata *granito porfirico* o *porfiroide* (2).

**25. Gneiss.** — In generale, nelle rocce granitiche le laminette di mica sono distribuite irregolarmente e volte in ogni direzione. In una d'esse però sono tutte disposte parallele fra loro, così che la roccia acquista una struttura schistosa. In tal caso la roccia prende scientificamente il nome di *gneiss*, dal vocabolo danese *gnister* (3).

**26.** Avendo così descritte brevemente le rocce che formano, per così dire, il fondamento della crosta terrestre, passiamo ora a dire di quelle che vi si trovano sovrapposte, e che perciò devono aver avuto un' origine più recente.

(1) La roccia detta propriamente *porfido* o *porfido rosso antico* nel linguaggio comune ha la pasta di color rosso oscuro di fegato, e i cristalli sparsi di colore più chiaro. Gli altri porfidi del gruppo delle rocce granitiche, hanno diversi colori, ma di solito sono più o meno rosei o rossi. (*N. del Trad.*)

(2) Una varietà di questa roccia è molto comune in Lombardia nella valle dello Spluga, e in massi sparsi sui monti e sulle colline del lago di Como e della Brianza ed è chiamata volgarmente *serizzo ghiandone.* (*N. del Trad.*)

(3) È la *béola* o *bévola* dei tagliapietre lombardi. E in italiano è confusa spesso con altre rocce analoghe sotto il nome di *serizzo.* (*N. del Trad.*)

**27. Rocce metamorfiche o di transizione.** — Gli strati immediatamente sovrapposti alle rocce ignee sono dette *metamorfiche* o di *transizione* perchè partecipano così dei caratteri delle rocce ignee, come di quelli delle rocce superiori. Esse presentano in molti casi più i caratteri delle rocce ignee che quelli delle altre, e quindi nei primi tempi delle ricerche geologiche furono classificate colle rocce ignee stesse, dalle quali tuttavia differiscono nettamente per varii caratteri, e specialmente per una vera stratificazione.

**28. Stratificazione.** — Abbiamo veduto che i materiali componenti le rocce ignee sono agglomerati confusamente e senza la minima traccia di struttura regolare, e che questo è una conseguenza e una prova della loro origine ignea. Tutt'altro è il carattere generale di tutte le rocce soprastanti. I materiali di queste sono distribuiti in banchi e straterelli più o meno grossi, limitati da superfici parallele e orizzontali, e somiglianti alle corsìe dei mattoni nelle costruzioni in muro. Questa regolare disposizione non si sarebbe prodotta, se, come le rocce più profonde, anche queste si fossero trovate in istato di fusione all'epoca della loro formazione.

**29. Come la stratificazione sia una prova dell'origine acquea delle rocce.** — Ma una tal disposizione è precisamente quella stessa, che presentano i materiali sospesi dapprima nell'acqua poi deposti a poco a poco e regolarmente sul fondo, per il successivo calmarsi dell'acqua. I materiali così deposti formano realmente degli strati e dei banchi, che vanno sovrapponendosi l'uno all'altro, adattandosi dapprima alcun poco alla forma del fondo, ma poi riducendone gradatamente regolare e orizzontale la superficie. Lo strato più profondo, quello formato pel primo, è composto dei materiali più pesanti, per esempio di ciottoli e ghiaia grossa; gli altri sono di materiali sempre meno pesanti, fino ai più superficiali, che sono di argilla tenuissima. Se, dopo la produzione di questi strati, l'acqua abbandona il suo letto e questo rimane asciutto, è facilissimo l'osservare la sua struttura a strati, per mezzo di pozzi e d'altri scavi.

**30.** Siccome poi è logico il credere che effetti eguali dipendano da cause eguali, così il vedersi formare attualmente le rocce a strati pel deporsi di materiali tenuti dapprima in sospensione dall'acqua ci autorizza a credere che anche tutte le rocce stratificate della crosta terrestre abbiano avuto la stessa origine; vale a dire che si siano formate per un lungo succedersi di fenomeni analoghi a quelli, pei quali in oggi le acque ora trasportano i materiali terrosi e pietrosi, ed ora li depongono sul loro letto, dando origine a sedimenti composti di strati e di banchi di varia natura e di vario spessore; e

che, pel successivo ritrarsi delle acque e rompersi della crosta terrestre, siano state tali rocce messe a nudo ed esposte alla nostra osservazione.

**31. Altre prove dell'origine acquea delle rocce stratificate.** — Questa conclusione viene corroborata anche da altre prove, due delle quali importantissime.

La prima è fornita dal frequente trovarsi sulla superficie degli strati delle rocce in quistione certe ondulazioni analoghe a quelle che si vedono sulla sabbia del fondo del mare, quando rimane a secco per la bassa marea. Un esempio di queste ondulazioni, sugli strati di rocce calcaree presso Boulogne, che i geologi distinguono col nome di calcare carbonifero e di calcare di Portland, viene rappresentato nella figura 6.

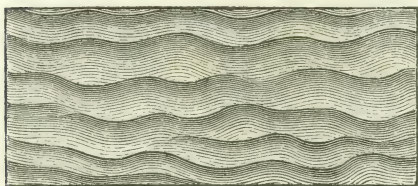



Fig. 6.

La seconda è offerta dagli avanzi di varii animali acquatici e di piante, che si trovano sepolti negli strati delle rocce in discorso, ed ancora nella posizione naturale in cui morirono tranquillamente, allorchè furono coperti dalle materie nuovamente depositate dall'acqua (fig. 7). I numerosi avanzi di crostacei e di molluschi, che si trovano in tali circostanze perfettamente conservati a distanze anche grandissime dalle spiagge del mare, provano a non dubitarne, che in altri tempi quei luoghi erano occupati dal mare, che in questo mare vivevano animali di molte specie, che questi animali morirono al loro posto e rimasero sepolti pel successivo deporsi di nuovi strati, e che in appresso, essendo stata rotta e distaccata la crosta terrestre,

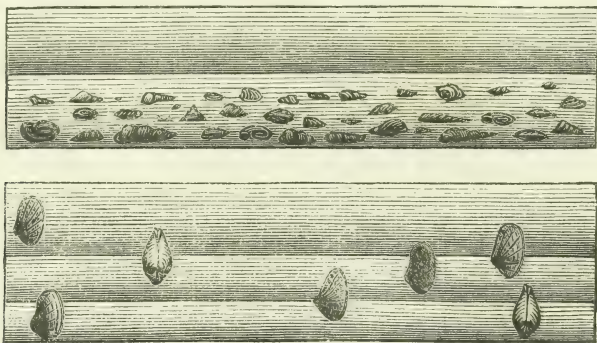



Fig. 7.

quel fondo di mare e quegli strati si innalzarono a formare le colline e le montagne, in cui ora si trovano quegli avanzi.

Ma di siffatti fenomeni ci occuperemo più avanti con maggiori particolari.

**32. Le rocce stratificate si possono quindi chiamare anche acquee, nettuniche o sedimentarie.** — Questi fatti stabiliscono una ben marcata differenza fra le rocce ignee e quelle che vi stan sopra. Queste ultime sono formate di strati sovrapposti gli uni agli altri, e posson quindi chiamarsi *rocce stratificate*, mentre le prime, senza alcuna vera traccia di stratificazione, sono da chiamarsi per contrapposto *rocce non stratificate.*

E come le rocce non stratificate sono anche chiamate, secondo la loro origine, rocce *plutoniche* od *ignee*, così quelle stratificate si possono chiamare, per la stessa ragione, *nettuniche*, *acquee* o *sedimentarie* (1).

**33. Struttura e composizione delle rocce metamorfiche.** — Le rocce metamorfiche o di transizione, che giacciono immediatamente sulle rocce ignee, presentano tanto delle tracce di stratificazione, quanto una parziale cristallizzazione dei loro componenti, e quindi si può credere, che siano state deposte dall'acqua e più o meno modificate nella loro struttura intima dal soverchio calore delle rocce ignee sottoposte. Del che vedremo più avanti le prove più convincenti.

Le principali rocce di questo gruppo sono il gneiss già più sopra descritto, il calcare cristallino, varie rocce formate di orniblenda e di quarzo, e diverse arenarie e ardesie (2).

(1) Altri chiamano queste ultime anche *esogene*, perchè formate *al di fuori* della crosta terrestre, dal greco *exos*, di fuori, e *genesis*, origine. (*N. del Trad.*)

(2) V'hanno quindi gneiss plutonici e gneiss metamorfici, o, per meglio dire, non è possibile distinguere bene dove terminino le rocce ignee e comincino le rocce metamorfiche.

Sopra queste rocce d'origine dubbia v'hanno quelle certamente sedimentarie e modificate dall'azione delle rocce sottostanti.

Tutti i materiali componenti le rocce ignee non fanno effervescenza, cioè non producono bollicine di gas dalla loro superficie, quando sono bagnati con acido nitrico; il *quarzo* e il *mica* sono infusibili al cannello; il *felspato*, esposto a questo calore in piccolissime scaglie, si fonde sui lembi, producendo un bottone che sembra di smalto. — Questi e gli altri caratteri già più sopra accennati valgono a distinguere nettamente questi tre importantissimi minerali.

Il *calcare cristallino* è pietra da calce confusamente cristallizzata, e quindi non così [illegible] limpida come lo *spato d'Islanda*, ben noto per la sua proprietà di far apparire doppi gli oggetti veduti attraverso i suoi cristalli; nè così compatto come le comuni pietre da calce o come i marmi coloriti. Il marmo di Carrara, di cui si fanno statue e monumenti, e quelli che servirono a costruire il Duomo di Milano e molte chiese di Toscana, e ad ornar molti dei magnifici palazzi di Ge-

**34. Caratteri desunti dai fossili per le rocce di transizione.** — Oltre all'esistenza di una distinta stratificazione, v'ha, come abbiamo già veduto, un altro carattere per distinguere le rocce di transizione dalle ignee, ed è quello fornito dagli avanzi degli animali e delle piante in esse contenuti, ossia, come dicono i geologi moderni, dai *fossili*. I quali, quantunque non siano molto abbondanti e non appartengano alle classi più elevate, pure sono in numero sufficiente e abbastanza ben definiti, per provare ad evidenza l'origine acquea delle rocce in cui sono sepolti.

**35. Non vi mancano i fossili vegetali.** — Non avendo mai trovato alcuna traccia di fossili vegetali in queste rocce, alcuni geologi avevano conchiuso che non esistevano piante all'epoca della formazione di tali rocce, e che quindi l'esistenza della vita animale aveva preceduto quella della vita vegetale. Ma D'Orbigny ha combattuto questa asserzione. Avanzi e impronte di varie piante marine furono scoperti da Hall in alcuni dei più profondi strati fossiliferi, chiamati strati siluriani, dello Stato di Nuova-York. Le miniere di carbon fossile di Vallonzo nel Portogallo sono aperte negli stessi strati; e i depositi di carbon fossile della Spagna sono negli strati devonici superiori ai precedenti: e il carbon fossile si è ma-

nova, sono altrettanti calcari cristallini, più o meno belli e puri. Altri chiamano *saccaroide* questo calcare perchè somiglia moltissimo allo zuccaro in pane. Fa effervescenza coll'acido nitrico, coll'acqua forte (che è acido nitrico diluito) e con altri acidi.

L'*amfibola* (di cui è una varietà l'*orniblenda*) e il *pirosseno* sono minerali per lo più di color nero nelle rocce; ma talvolta verdi, ora cristallizzati e prismatici, ora lamellosi; ma le loro lamine non si possono separare facilmente con un temperino, non sono pieghevoli nè elastiche, e sono fusibili al cannello: pei quali caratteri si distinguono facilmente dal mica. I mineralogisti li tengono per due specie distinte, ma non è sempre facile, anzi è assai spesso difficile distinguerle, se non sono ben nettamente cristallizzate. Però la prima si trova d'ordinario nelle rocce antiche ed ignee, la seconda nelle rocce vulcaniche moderne e nei basalti, di cui vedremo più avanti i caratteri e l'origine.

Le *arenarie* sono a tutti note per i loro usi nelle costruzioni in tutti i paesi del mondo; sono formate di sabbia agglutinata da qualche cemento lapideo. Le *molere* dei Lombardi e il *macigno* dei Toscani sono vere arenarie. I Francesi le chiamano *grès:* nome, che viene spesso adoperato anche nella nostra lingua, specialmente quando si deve parlare di arenarie particolari di Francia. Il nome italiano corrisponde esattamente ed ha lo stesso significato di quelli adoperati dai Tedeschi e dagli Inglesi, *sandstein* e *sandstone.*

Anche le *ardesie* sono a tutti notissime; basta rammentare che sono ardesie quelle pietre eminentemente fissili ed a superficie lucente e quasi ontuosa al tatto con cui si coprono i tetti in alcune valli Lombarde e Piemontesi, nel Genovesato e in molti luoghi d'oltr'alpe; e che ardesie sono pure le *lavagne* provenienti dal paese di Lavagna nel Genovesato. (*Nota del Trad*).

nifestamente formato per l'alterazione di grandiosi depositi di vegetali. La vita vegetale comparve dunque sulla terra insieme coll'animale; nè potrebbe esser altrimenti, perchè non avrebber potuto vivere gli animali senza i vegetali, dai quali traggono tutti, direttamente o indirettamente, il loro nutrimento.

Le parti superiori delle rocce di transizione contengono dunque avanzi di animali e di piante; e quindi noi dobbiam credere, che quando furono abbastanza raffreddate le rocce ignee più superficiali e le rocce metamorfiche più profonde, cominciarono le acque e le terre ad essere abitate dai corpi viventi, di cui ora troviamo nelle rocce meno antiche gli avanzi.

**36.** — Le ricerche e le osservazioni del prof. Phillips provarono che in quelle epoche lontanissime vivevano anche varie specie di piccoli pesci; e presso Llampeter nel paese di Galles furono scoperte negli stessi strati varie traccie di una specie, che il naturalista William Macleay trovò appartenere ad un verme marino della specie degli anellidi, la prima del gran gruppo degli animali articolati nella classificazione di Cuvier. Gli avanzi d'uno di questi vermi, chiamato *Nereites Cambrensis*, trovato a Llampeter, sono rappresentati nella fig. 8. Il corpo di questo animale constava di oltre 120 anelli.

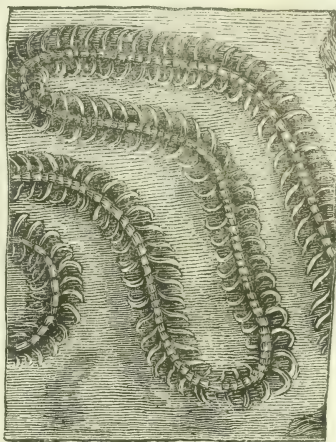



Fig. 8.

**37. Antichità relativa dei corpi viventi.** — Noi troviamo dunque che sopra le rocce ignee, come sopra un solido fondamento, sta adagiata una numerosa serie di rocce stratificate; che le più antiche tra queste, cioè le rocce di transizione, contengono gli avanzi dei primi corpi viventi; e che quindi la comparsa dei corpi viventi, benchè antichissima relativamente alle nostre storie, è tuttavia recente rispetto alla creazione della terra, perchè posteriore alla consolidazione delle parti più profonde della crosta terrestre.

**38. Rocce secondarie.** — Le rocce di transizione, che in altri tempi furono considerate come *rocce primitive* insieme colle rocce ignee, perchè formate nella prima epoca del mondo, portano una serie di rocce, che furono dette *secondarie,* perchè formate nell'epoca seconda.

Queste consistono principalmente in potenti depositi di calcare (pietra da calce), di schisti argillosi, di arenarie rosse, brune, verdi e di altri colori, di argille, di carbon fossile e di minerali ferriferi; e sono ricchissime di avanzi organici, sì animali, che vegetali, spesso benissimo conservati e colle parti più minute distintamente visibili.

**39. Quantità dei fossili in queste roccie secondarie.** — Dell'abbondanza degli animali in questa seconda epoca del mondo possiamo farci un'idea considerando che nel 1834 un naturalista tedesco contò non meno di 9000 specie fossili, di cui si trovarono gli avanzi nelle rocce stratificate secondarie e terziarie, e tutte diverse da quelle viventi sulla terra al momento che questa cominciò ad essere abitata dall'uomo.

Tra i fossili animali più abbondanti in questi terreni secondarii meritano d'essere nominati i coralli e polipai, i crinoidi (affini alle

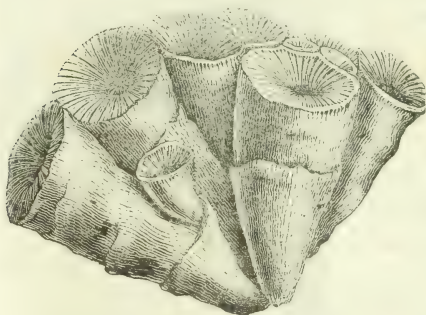
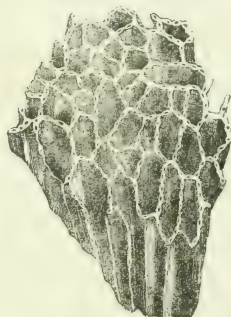



Fig. 9. Fig. 10.

*Polipai.*

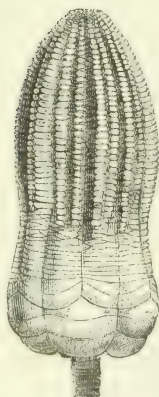



Fig. 11 Fig. 12.

*Crinoidi.*

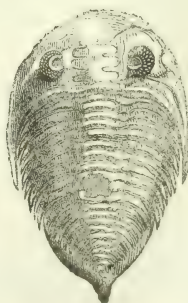
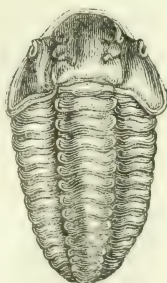



Fig. 13. Fig. 14.

*Trilobiti*

stelle di mare, ma colle braccia infinitamente suddivise e col corpo portato da un lungo peduncolo), i trilobiti (specie di crostacei, cioè di animali analoghi ai gamberi e ai granchii), i pesci, i rettili, gli insetti, le conchiglie sì di acqua dolce come di mare, le spugne ed un infinito numero di animaletti piccolissimi.

Fra i rettili, i più rimarchevoli sono quelli analoghi alle lucerte per la forma, ma giganteschi, e perciò detti *sauri* o *sauriani*, dal vocabolo greco *sauros*, che significa appunto *lucerta*. Le particolari specie furono poi dette *megalosauri*, *plesiosauri*, *ittiosauri*, ecc.

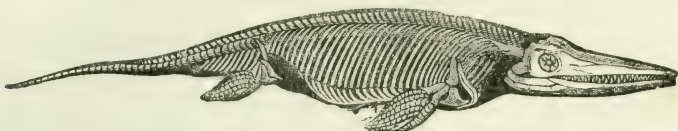



Fig. 15. *Scheletro d'ittiosauro.*

Fig. 16. *Scheletro di plesiosauro.*

**40. Rocce terziarie.** — Sulle rocce secondarie riposa una serie di strati d'origine più recente, che fu perciò detta delle *rocce terziarie*. Queste consistono per lo più in banchi e strati di argilla, di calcare grossolano, di sabbia, di ghiaia, di arenaria e di puddinga (1). Contengono grande abbondanza di fossili, i quali si distinguono da quelli dei terreni secondarii perchè moltissimi di loro sono affini od anche identici a specie attualmente viventi, e perchè sono in piccolo numero quelli appartenenti a generi ora affatto perduti. I più profondi strati terziarii contengono circa 5 per cento di specie tuttora viventi e i superiori ne contengono fino a 10 per cento.

**41. Terreni diluviali o quaternarii e terreni alluvionali e recenti.** — Finalmente, alle rocce terziarie (e ai gruppi in cui esse si possono dividere e che sono detti *terreni terziarii*) sono sovrapposte le rocce più recenti, che formano il suolo, e che sono immediatamente coperte dal terreno vegetale.

(1) Le puddinghe sono conglomerati a grossi elementi, ossia sono formate di ciottoli e ghiaie, agglutinati insieme da un cemento calcareo o siliceo.

(*Nota del Trad.*)

Il loro gruppo è divisibile in due parti, l'inferiore delle quali, adagiata sulle rocce terziarie, è formata di depositi e banchi di ghiaja, di argilla, e di ciottoli arrotondati in modo, che questa loro forma si deve attribuire all'attrito prodotto dal loro trasporto per opera di correnti acquee *straordinarie*. Per questo motivo, o meglio perchè si credette prodotta questa serie di depositi dal diluvio descritto da Mosè, fu chiamata *terreno diluviale*. Gli Inglesi la chiamano anche *drift*, significando appunto questo vocabolo ogni deposito di materiali accumulati o raccolti in qualche luogo per opera di correnti acquee, di ghiacci galleggianti o di ghiacciai (1).

La parte superiore, composta di sabbie, di argille, di ghiaie e di ciottoli, è immediatamente sottoposta al terreno vegetale, ossia al terreno che si lavora per l'agricoltura e che dà il nutrimento alle radici di tutti i vegetali, perchè formato dal miscuglio delle sostanze minerali componenti gli strati sottoposti colle sostanze vegetali in decomposizione allo stato di *terriccio*. Questa serie superiore di strati, di origine recentissima e spesso anzi contemporanea, e prodotti dall'azione *ordinaria* dell'acqua, costituisce il terreno detto *alluvionale*, perchè formato appunto colle *alluvioni* (2).

**42. Suddivisione di questi cinque grandi gruppi di rocce**. — I cinque grandi gruppi di rocce che ora conosciamo furono suddivisi in gruppi minori, ciascuno dei quali è caratterizzato da particolari caratteri tolti dalla composizione minerale, dai fossili e dalla posizione relativa; ma mentre tutti i geologi ammettono l'esistenza in genere di cinque gruppi principali, non vanno punto d'accordo nel fissare i limiti di ciascun gruppo, ed ancora meno nel suddividerli in gruppi minori. Le rocce che da alcuni geologi sono dette *primitive* o *primarie*, sono *di transizione* o *metamorfiche* per altri; quelle che da un geologo sono considerate come la parte superiore del sistema

(1) Siccome, secondo la Bibbia, il diluvio avvenne quando già esistevano l'uomo e gli altri animali che tuttora vivono sulla terra, e d'altra parte i geologi trovano che le specie sepolte nei così detti *terreni diluviali* sono in generale differenti da quelli attualmente viventi, benchè ad essi similissimi, così è assolutamente erroneo il chiamare *diluviali* quei terreni e il crederli prodotti dal diluvio descritto da Mosè. È quindi preferibile chiamarli *terreni erratici, quaternarii* (cioè posteriori ai terziarii), *di trasporto*, ecc., come usano molti dei geologi moderni d'ogni nazione. Vedansi nell' *appendice* a questo Trattatello alcuni particolari intorno alle opinioni più accreditate intorno all'origine di questi terreni.

(*Nota del Trad.*)

(2) Altri dicono *terreno alluvionale antico* il terreno diluviale e *terreno alluviale moderno o terreno contemporaneo* il più recente.

(*Nota del Trad.*)

di transizione, un altro le ritiene la parte inferiore del sistema secondario; nello stesso modo gli strati che per uno sono i più alti del gruppo secondario, sono per un altro i più bassi del gruppo terziario; e così via. Tuttavia, queste discrepanze dipendono più dalla natura stessa delle cose, che dalla incertezza o dalla deficienza delle nostre cognizioni. Fra un gruppo e l'altro non vi ha mai una distinzione essenziale, un limite ben definito, così che si possa dire in ciascun paese: qui finisce il gruppo inferiore e comincia il gruppo superiore; ed anche la divisione nei cinque gruppi descritti, ammessa da tutti perchè utilissima in pratica, è realmente più o meno arbitraria (1).

**43. Deduzioni sull'origine e sull'età relativa delle diverse rocce.** — Da quanto abbiamo veduto finora possiamo trarre le seguenti deduzioni:

*Prima.* Le rocce non stratificate ed ignee, sottoposte a tutte le rocce stratificate e sedimentarie, esistettero *prima* di queste.

*Seconda.* Le rocce stratificate o sedimentarie furono prodotte *nello stesso ordine cronologico col quale ora sono sovrapposte,* essendo il gruppo di transizione quello più antico, ed essendo gli altri tanto meno antichi quanto più sono vicini al più superficiale, così che quest' ultimo riesce il più recente, e dalla rispettiva posizione di ciascun strato relativamente agli altri si può dedurre la sua età relativa rispetto a tutti gli altri.

*Terza.* Gli strati sedimentarii nella loro posizione originaria e normale sono *orizzontali* e colle due superficie, superiore od inferiore, fra loro parallele. E quindi, *quando essi si trovano in un' altra posizione, devono aver subìto una dislocazione,* cioè devono aver perduta la loro posizione originaria e normale per l' azione di qualche causa estranea e posteriore alla loro formazione. E questa dislocazione deve esser stata prodotta o da una forza che abbia agito dal basso all' alto per *sollevare* gli strati, o da una pressione di corpi sovrastanti e dalla stessa gravità degli strati, tendenti ad *abbassare* gli strati stessi ed a farli discendere in qualche cavità apertasi sotto di essi, o da queste due specie di cause insieme combinate.

(1) « I fatti dimostrano che il passaggio dalla fauna e dalla flora attuale alle più antiche è successivamente graduato » — « Questi periodi e queste epoche (in cui si formarono i depositi che formano i cinque gruppi principali di rocce e tutte le loro suddivisioni) si devono intendere come parti successive d'un tutto, che indefinitamente continua, così come le ore del giorno e i secoli dell'antichità, che noi distinguiamo ed annoveriamo per comodità di linguaggio, ma non hanno in realtà limite che li divida ». (*Sull' attuale scienza geologica*, Discorso del Dott. G. Meneghini, professore di geologia all'università di Pisa, 1855).

(*Nota del Trad.*)

*Quarta.* Quantunque la successione degli strati costituenti la serie dalle rocce più antiche fino alle più moderne sia soggetta a certe variazioni locali, pure il suo carattere generale è sempre conservato dappertutto. Supponiamo, cioè, che gli strati sedimentarii componenti l'intera serie siano chiamati rispettivamente, e cominciando dal più antico, A, B, C, D, E, ecc.: potrà darsi che in un paese manchi lo strato D, ma gli altri vi si troveranno nella loro normale successione, A, B, C, E, ecc.; in un altro paese la serie potrà essere A, B, D, E, ecc.; in un terzo A, D, E, ecc.; ma in nessun paese la serie sarà D, B, A, C, ecc., o coi suoi termini in altro modo spostati. In poche parole, *può avvenire che la serie manchi d'uno o di più membri, ma i membri esistenti non possono mai trovarsi in un ordine diverso dal naturale e normale.*

**44. Gli strati sedimentarii formano una scala o serie cronologica.** — Da ciò si vede che i caratteri e l'ordine degli strati sedimentarii costituiscono una scala o serie cronologica dimostrante la storia della loro formazione.

È ben vero che non conosciamo nè possiamo giungere a conoscere il valore dell'*unità* di questa scala, perchè non possiamo determinare gli assoluti intervalli di tempo necessarii alla produzione dei singoli strati; ma ciò non impedisce al geologo di determinare con certezza l'*ordine* e l'*età relativa* della produzione di ciascun strato.

**45. Complicazione e difetti della nomenclatura geologica.** — Benchè in tutti i paesi le rocce sedimentarie descritte siano state in diverso modo dislocate, e quindi non v'abbia forse alcun paese nel quale la loro serie sia veramente completa, tuttavia, per mezzo di osservazioni accurate fatte nei diversi paesi e di giudiziosi paragoni fra le serie osservate, i geologi hanno potuto giungere a trovare la serie completa di tutti i terreni, a distinguere questi col mezzo di speciali caratteri, ed a dar loro altrettanti nomi particolari. Ma sgraziatamente, non avendo pensato a fare tra loro una convenzione generale sul modo di dare questi nomi, non giunsero finora ad avere un solo sistema di nomenclatura adottato da tutti e paragonabile a quello adoperato in chimica e in qualche altra scienza naturale. Per tal motivo la geologia è oppressa da una nomenclatura complicata, confusa e discordante, a gran detrimento della sua diffusione e del suo generale progresso.

Ne viene che quelli che desiderano di farsi un'idea generale di questa scienza vengono ben presto ad urtare in una quantità di espressioni tecniche particolari, prodotte dall'essere troppo spesso una stessa cosa indicata con parecchi nomi differenti a seconda del vario

modo di vedere, dei diversi luoghi e spesso anche dei capricci personali dei geologi osservatori.

I nomi dati agli strati ed ai gruppi di strati furono tolti in alcuni casi dai luoghi ove essi si mostrano alla superficie del suolo meglio caratterizzati; tali sono quelli dei terreni *giuresi* o *giurassici* (dai monti del Giura, tra la Francia e la Svizzera), *silurii* o *siluriani* o *silurici* (da quella parte dell' Inghilterra, che fu il regno dei *Siluri*, tribù degli antichi Bretoni), *cambriani* o *cambrici* (dalla contea di Cumberland, in Inghilterra, antico regno dei *Cambri*), e *devoniani* o *devonici* (dal Devonshire o contea del Devon, in Inghilterra). In altri casi sono desunti dalla composizione mineralogica, che prevale in essi strati; come quelli dei terreni *cretacei* (dalla voce *craie*, con cui i Francesi distinguono una specie particolare di calcare bianco e terroso), *oolitici* (dal contenere molti calcari *oolitici*, cioè composti di granelli piccolissimi e somiglianti ad *uova* di pesci), e *carboniferi* (dall'essere ricchi di carbon fossile). Altri furono derivati dalla posizione relativa degli strati, come, per esempio, *eocene, miocene, pliocene* e *pliostocene*, che significano, secondo la loro greca etimologia, *formato all'aurora*, ossia al principio dell'epoca terziaria (*eos*, aurora, *cainos* recente), *meno recente* (*meion*, meno, *cainos*, recente), *più recente* (*pleion*, più), e *recentissimo* (*pleiston*, moltissimo).

Altri ancora sono tolti dalla presenza, dall' assenza, dall' età relativa o da altre particolarità degli esseri organizzati contenuti negli strati. Gli strati che sono privi di avanzi d' animali, cioè gli strati più profondi, metamorfici, e che fanno passaggio alle rocce ignee, sono chiamati *azoici*, da due parole greche, che significano *senza vita* (*a*, senza, *zoe*, vita). *Cenozoici* (da *cainos* recente) sono detti gli strati fossiliferi più recenti, *mesozoici* (da *mesos*, mezzo) quelli di mezzo, *paleozoici* (da *palaios* antico) quelli più antichi, *protozoici* (da *protos*, primo) quelli che contengono i primi animali comparsi sulla terra, e *ipozoici* (da *ypo*, sotto) gli strati che giacciono sotto a tutti quelli con fossili.

**46. Tabella generale dei terreni componenti la crosta terrestre.** — Nella tabella qui unita, compilata sulle opere di diversi geologi e specialmente su quelle di La Beche, è rappresentata tutta la serie delle suddivisioni dei grandi gruppi finora descritti, ossia tutta la serie dei *terreni*, che formano la crosta terrestre nell' Europa occidentale; e sono disposti nella loro sovrapposizione normale, cominciando dai più moderni, che sono quelli più in alto, e terminando coi più antichi, cioè coi più profondi. Questa serie di terreni si ritrova poi anche negli altri paesi, più o meno modificata nei suoi particolari, ma sempre costante nelle sue maggiori divisioni.

*Tabella generale della struttura della crosta terrestre.*

| Terreni | Periodo | Strati |
| --- | --- | --- |
| TERRENI TERZIARII O CENOZOICI. | | Depositi dell' epoca attuale e storica.<br>Pliostocene.<br>Pliocene.<br>Miocene.<br>Eocene. |
| TERRENI SECONDARII O MESOZOICI. | Cretaceo. | Calcare di Maestricht e Danimarca.<br>Calcare ordinario e creta ( *craie* ) con e senza selci.<br>Grès verde superiore.<br>*Gault.*<br>Sabbie di Shanklin, neocomiane, e grès verde infer.<br>Argilla di Weald.<br>Sabbie di Hasting.<br>Strati di Purbeck. |
| | Giurese od Oolitico. | Oolite o calcare di Portland.<br>Sabbie di Portland.<br>Argilla di Kimmeridge.<br>*Coral-rag* (calcare a coralli) e sue arenarie.<br>Argilla d'Oxford e roccia di Kelloway.<br>*Cornbrash.*<br>*Forest-marble* e oolite di Bath.<br>Terra da folla, argilla e calcare.<br>Oolite inferiore e sue sabbie.<br>Lias superiore e inferiore, colle marne intermedie. |
| | Triasico. | Marne variegate.<br>Calcare conchiglifero (*Muschelkalk*).<br>Arenaria rossa, *grès bigarré* (arenaria variegata), *bunter sandstein.* |
| TERRENI PRIMARII O PALEOZOICI | Permico. | *Zechstein,* calcare dolomitico e magnesiano.<br>Nuova arenaria rossa inferiore e conglomerati.<br>Strati del carbon fossile (*coal-measures*). |
| | Carbonifero. | Calcare di montagna e carbonifero, con carbon fossile, arenarie e ardesie.<br>Schisti carboniferi e arenarie gialle. |
| | Devonico. | Modificazioni diverse dell'antica arenaria rossa. |
| | Silurico. | Rocce superiori di Ludlow, schisti e calcare di Wenlock, calcare di Woolhope.<br>Arenarie intermedie e conglomerato di Caradoc.<br>Strati superiori di Landeilo, di Bala e di Snowdon. |
| | Cambrico. | Arenaria di Barmouth, schisti di Penrhyn, rocce di Longmynd, e altre rocce inferiori alle siluriche. |
| TERRENI IPOZOICI. | Micaschisto. | Strati di micaschisto (formato di quarzo e di mica, con o senza felspato e granati), di schisto cloritico, di schisto talcoso, di quarzite, di schisti argillosi, e di depositi limitati di minerali di ferro. |
| | Gneiss. | Strati di gneiss (composto di lamine di quarzo, felspato e mica), di micaschisto, di quarzite, di calcare e di schisto amfibolico. |
| ROCCE PRIMITIVE OD IGNEE. | Sienite.<br>Porfido.<br>Basalte.<br>Granito porfirico. | La posizione relativa e l'età di queste rocce sono più o meno incerte, quantunque sembri che realmente stiano al posto qui indicato. |
| | Granito. | Questo gruppo di rocce ignee discende ad una profondità non conosciuta, e si crede appoggiato sul nucleo liquido del globo. |

Gli strati che in questa tabella sono chiamati *primarii* o *paleozoici* sono da alcuni geologi uniti al gruppo *secondario*; ad ogni modo, non devono essere confusi colle *rocce ignee*, che sono spesso chiamate anche *primitive*, perchè formate per le prime, e che sono affatto prive di stratificazione. Le rocce *ipozoiche*, che sono le più profonde rocce stratificate, fra le ignee e le paleozoiche, furono nei paragrafi precedenti unite colle paleozoiche sotto il nome generico di rocce di *transizione* o *metamorfiche* (1).

**47. Spessore dei singoli gruppi.** — Osservando questa tabella e considerando che la sovrapposizione degli strati, combinata coll'origine acquea di ciascun strato, deve far supporre un intervallo di tempo di molta durata, nascono naturalmente due questioni: qual è lo spessore di ciascun singolo strato, e qual è lo spessore totale di tutte le rocce sedimentarie, dal granito sul quale si appoggiano, fino al terreno vegetale che le investe? e qual'è la probabile durata del tempo richiesto a produrre ciascun strato? — Quantunque non si possa dare una ben certa e definita risposta a queste domande, pure vi si può rispondere con qualche approssimazione.

Lo spessore di ciascun strato o gruppo di strati è soggetto a molte variazioni locali, ma le indicazioni dei limiti di queste variazioni in certi paesi, raccolte accuratamente da geologi osservatori, possono condurre ad un risultato soddisfacente.

Diamo qui lo spessore dei singoli gruppi quale fu osservato nella Gran Brettagna, cominciando dal terreno di transizione.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Gruppo del gneiss . . . . . . . . . . . | Qualche miglio. | | |
| Gruppo del micaschisto. . | Da qualche metro a qualche miglio. | | |
| Gruppo cambrico . . . . . . . | Da uno a cinque miglia. | | |
| Formazione di Llandeilo. . . . . . . . . | 1200 | piedi | inglesi. |
| — — — Caradoc . . . . . . . . . . | 2500 | » | » |
| — — — Wenlock . . . . . . . . . | 1800 | » | » |
| — — — Ludlow . . . . . . . . . | 2000 | » | » |
| Arenaria rossa antica. . . . . . . . . . | 1000 | » | » |
| Calcare carbonifero e di montagna. . | 1500 a 2500 | » | » |
| Arenaria *Millstone* . . . . . . . . | 500 a 700 | » | » |
| Formazione del carbon fossile . . . . . . | 3000 | » | » |
| Nuova arenaria rossa inferiore di Pontefract. | 100 | » | » |
| Calcare magnesiano. . . . . . . . . . | 300 | » | » |
| Nuova arenaria rossa superiore. . . . . | 1000 | » | » |
| Lias. . . . . . . . . . . . . . . . . | 1000 | » | » |

(1) Vedasi l'aggiunta del Traduttore alla fine di questo Trattatello.

| | |
|---|---|
| Oolite inferiore o di Bath. . . . . . | 400 a 800 piedi inglesi. |
| Oolite media o corallina. . . . . . | 300 a 800 » » |
| Oolite superiore o di Portland . . . . | 200 a 800 » » |
| Formazione del grès verde . . . . . . | —— |
| Formazione calcarea. . . . . . . . . | —— |
| Terziario inferiore od eocene, circa . . . | 1200 » » |
| Miocene. | |
| Pliocene. | |
| Pliostocene (1). | |

Strati superiori o terziarii.

Strati di mezzo o secondarii.

Strati inferiori o primarii.

Per quanto imperfetta sia questa approssimazione, è pur sempre possibile farsi un' idea dello spessore totale della parte stratificata della crosta terrestre. Calcolando i risultati delle osservazioni dirette si giunge ad avere per questo spessore totale una misura che può variare da 10 a 20 miglia. La parte principale di questo spessore è costituita dagli strati più profondi, ossia dai terreni paleozoici, come è mostrato dalla qui annessa figura, data dal professore Phillips.

**48. Antichità delle rocce sedimentarie.** — Alla domanda sulla antichità dei singoli gruppi di strati, ossia sul tempo che durò la loro formazione, è impossibile dare una risposta così definita come quella relativa al loro spessore. Tutto quello che si può dire si è che, essendo il depositarsi dei loro materiali dalle acque torbide un fenomeno assai lento, si devono immaginare intervalli di tempo straordinariamente lunghi per la formazione di tutto quell'insieme di strati, che ha uno spessore di parecchie miglia.

Ma fra gli strati formati meccanicamente, col deporsi delle materie solide *tenute in sospensione* dall'acqua, noi ne troviamo altri, la cui origine dev'essere stata chimica, cioè dovuta al deporsi di sostanze dapprima *disciolte* nell'acqua. Tale è il caso di molti strati e nuclei calcarei, che sono spesso alternanti o collegati con quelli di arenarie e di argilla. Essi sono quindi un indizio di una serie di

(1) L'originale inglese non dà lo spessore del grès verde, della formazione calcarea, del miocene, del pliocene e del pliostocene. (*Nota del Trad.*)

cangiamenti avvenuti nel modo d'azione dell'acqua, e pei quali le rocce sedimentarie riescirono il prodotto dell'alternarsi, del succedersi e del lavoro simultaneo dell'azione meccanica e dell'azione chimica.

In breve, i fatti finora esposti ed altri molti, che non possiamo nemmeno accennare a motivo della brevità che ci siamo prefissi, vanno tutti d'accordo nel provare che il periodo attuale, cioè il periodo incominciato colla comparsa dell'uomo e degli animali contemporanei sulla terra, è un periodo brevissimo, se si paragona ai lunghissimi periodi trascorsi, durante i quali, si formarono, si raffreddarono e si consolidarono le rocce ignee, si depositarono sovr'esse tutte le rocce sedimentarie, e vissero tutti quegli animali e quelle piante, di cui ora troviamo gli avanzi e le impronte negli strati d'origine acquea.

## III.

## STORIA FISICA DELLA TERRA

## E DE' SUOI ABITANTI.

**49. Breve riepilogo della storia del globo, quale è scritta nella sua crosta.** — Come gli storici, studiando sotto ogni aspetto i monumenti d'ogni età, le rovine, le monete, le medaglie, le iscrizioni, i papiri, le cronache ed ogni altra cosa che possa dar lume sugli avvenimenti antichi e sullo stato dei popoli nelle varie epoche passate, possono giungere a conoscere ed a scrivere la storia più o meno completa d'essi popoli, così i geologi, studiando la natura mineralogica e la posizione relativa di tutte le rocce costituenti la crosta terrestre, come pure tutti i fossili contenuti nelle rocce sedimentarie, possono arrivare a conoscere fino a un certo punto la successione dei fenomeni avvenuti sulla terra, le variazioni a cui andò soggetta la sua superficie, e quelle ancor più singolari, che ebbero luogo negli esseri viventi: insomma possono giungere a scoprire la storia della terra e dei suoi abitanti.

Del come i geologi siano giunti a questo risultato, abbiamo già dato un'idea generale nei capitoli precedenti; ricapitoliamo ora brevemente questa storia, cominciando dall' epoca più antica conosciuta e venendo sino ai giorni nostri.

Essendo la terra originariamente una massa di materia fluida, allo stato di fusione ignea, prese in virtù della gravità una forma globulare; ed essendo lanciata dal Creatore nello spazio con un moto di rotazione sopra il proprio asse, acquistò a poco a poco la forma d'uno sferoide elittico, pochissimo schiacciato ai poli, per effetto della forza centrifuga prodotta dalla rotazione, ed assunse quella forma precisa, che corrisponde alla sua massa ed alla sua velocità di rotazione.

In tale stato di cose la temperatura elevatissima non solo mantenne per qualche tempo allo stato di fusione tutta la superficie della terra, ma rese volatili molte materie, e fece sì che si spandessero all'intorno nella circostante atmosfera, insieme con tutta l'acqua e colle altre sostanze liquide alla temperatura ordinaria, ma aeriformi a temperature più elevate.

Dopo un certo tempo, di cui è impossibile conoscere la durata, disperdendosi il calorico della terra tutt'all'intorno, la temperatura della superficie terrestre venne a poco a poco abbassandosi, e giunse ad essere inferiore al punto di fusione delle materie componenti essa superficie: queste materie cominciarono dunque a solidificarsi, e il globo terrestre cominciò ad essere, com'è probabilmente tuttora, una immensa massa di materie fuse contenuta in una crosta solida sottilissima, infinitamente più sottile di quello che sembra essere attualmente.

In conseguenza della continua irradiazione del calorico, la superficie continuò a raffreddarsi, ma lentissimamente, pel successivo consolidarsi di nuove materie sotto la prima crosta formatasi; e questa andò così mano mano ingrossandosi ed acquistando maggiore solidità. Alla fine il raffreddamento giunse al punto che le materie dapprima volatilizzate si precipitarono sulla superficie; e quando la temperatura di questa divenne inferiore a quella del punto d'ebullizione dell'acqua anche questa cessò d'esistere soltanto allo stato di vapore, ed una grande quantità se ne raccolse sulla superficie della terra, e la coperse tutta d'un oceano d'uniforme profondità.

Se nessuna forza interna fosse venuta ad agire, la superficie della terra sarebbe rimasta tutta uniforme, senza irregolarità, e coperta interamente d'acqua, e la crosta superficiale non avrebbe fatto altro che aumentare continuamente di spessore pel raffreddarsi delle rocce sottoposte, e subire esternamente variazioni in conseguenza delle molte semplicissime e regolarissime correnti prodotte nell'oceano universale dalla rotazione, dai venti, dall'ineguale azione calorifica del sole a seconda delle latitudini e delle stagioni, ecc. Ma tutto

avvenne in modi più complicati. Le materie liquide racchiuse nella crosta solida andarono soggette a cause perturbatrici più o meno irregolari, si esercitarono delle pressioni ineguali nei diversi luoghi, così che in alcuni luoghi desse materie liquide si elevarono ed in altre si abbassarono, e in tal modo ruppero or quà, or là, ed a molti intervalli di tempo or più or meno lunghi la crosta superficiale, e diedero origine a prominenze, che vennero a sporgere dall'acqua, ed a depressioni, nelle quali si raccolse l'acqua in maggiore quantità. Così, o in un modo analogo, ebbero origine le prime isole e i primi continenti, e la superficie della terra cominciò a presentare ad un tempo acque e terre asciutte (1).

Intanto l'acqua non rimase inattiva: smossa in correnti, in maree e in onde da molte cause complicate, cominciò a corrodere le rocce, a trasportarne da un luogo all'altro i detriti, ed a dare origine ai primi sedimenti; nello stesso tempo varie sostanze chimicamente prodotte e disciolte nell'acqua vennero da questa abbandonate col cangiare delle circostanze, e produssero i primi depositi d'origine chimica.

Quando la temperatura della superficie terrestre fu diminuita al punto da permettere l'esistenza dei corpi organizzati, furono chiamati ad esistere i primi viventi, sì animali come vegetali; e siccome in quei tempi tutta o quasi tutta la superficie terrestre era coperta dall'oceano, così quei primi viventi furono di specie esclusivamente marine. Bentosto però, essendo emerse dall'acqua le prime terre, ed essendosi così formati anche i primi ruscelli, fiumi e laghi, furono chiamate ad esistere altre specie, terrestri, fluviabili e lacustri.

D'allora in poi la storia della terra non conta che una successione di dislocazioni nella crosta terrestre, di erosioni, di trasporti e di strati sedimentarii prodotti dalle acque, e di cambiamenti nella geografia fisica della terra, negli animali e nei vegetali, e nella loro distribuzione geografica, fino all'epoca relativamente recentissima, nella quale cominciarono ad esistere l'uomo e gli altri viventi, che formano la fauna e la flora dei nostri giorni.

**50. Come si siano conservati i fossili.** — Mano mano che si formava nel modo ora indicato ciascun strato marino o lacustre, gli avanzi degli animali e dei vegetali viventi allora, cadendo al fondo delle acque, rimanevano sepolti nei depositi in via di formazione, e lasciavano le loro impronte, oppure si petrificavano a poco a poco,

(1) Alcuni particolari sulla formazione dei continenti, delle montagne, ecc., si troveranno più avanti. (*N. del Trad.*)

e così si rendevano atti a conservarsi fino ai nostri tempi. E gli animali terrestri e fluviatili venivano anch' essi trasportati dai ruscelli e dai fiumi sino alle foci di questi nei laghi o nei mari, ed ivi cadevano al fondo e rimanevano sepolti nei sedimenti come tutti gli altri.

**51. Prove dell' alternativo elevarsi ed abbassarsi del suolo**. — Ma v' hanno altre tracce di cangiamenti, ora graduati ed ora subitanei, che si riferiscono al deporsi degli avanzi dei corpi organici terrestri negli strati in via di formazione nell'acqua. E queste sono le tracce di antichi movimenti, pei quali il suolo ora si abbassò ed ora si sollevò, forse per effetto dei moti del nucleo fuso interno, e che produssero molti successivi cangiamenti nella distribuzione della terra ferma e delle acque, così che certe parti del globo in alcune epoche s'alzarono sul livello del mare, furono abitate da tribù terrestri, e ne ricevettero e conservarono gli avanzi, ma in appresso si sprofondarono, furono invase dall' acqua, e ricevettero nuovi strati con avanzi di animali acquatici, mentre altre parti si sollevarono alla lor volta a formare nuovi continenti e nuove isole. E sembra in realtà che questi cangiamenti, i quali, come vedremo a suo luogo, avvengono lentamente e sopra una piccola scala anche nell' epoca attuale, abbiano avuto luogo nelle epoche antiche con maggiore frequenza, forza ed estensione, a motivo della crosta terrestre in allora molto più sottile e fragile, e quindi molto meno resistente ai moti del liquido interno.

**52. Come gli strati sedimentarii siano altrettanto musei delle generazioni passate**. — Siccome gli strati si formarono durante una successione di periodi lunghissimi, e ciascuno d'essi ricevette e conservò gli avanzi dei corpi viventi che abitavano la terra nell' epoca della sua formazione, così gli strati contenenti questi avanzi si possono a buon diritto considerare come altrettanti musei capaci di dare un' idea sufficiente, ma non certamente completa, delle faune e delle flore, che si sono succedute sulla terra nelle varie epoche geologiche anteriori alla nostra. Noi possiamo dunque esaminare questi singolari musei, paragonarli fra loro e con quelli degli esseri ora viventi, e vedere a quali variazioni sia andata soggetta la vita sulla terra, dal momento da cui ebbe principio fino ad ora.

**53. Le forme dei viventi sono andate crescendo in numero**. — Il primo e più ovvio risultato delle ricerche ora accennate è questo, che il numero e la varietà dei corpi organizzati crebbero rapidamente dalla prima epoca, in cui la terra diventò abi-

tabile, fino ad ora. Ciò che è reso evidente dal confronto dei numeri delle specie trovate nei diversi terreni, avendo riguardo però al diverso spessore di questi stessi terreni. Il professore Phillips ha dato i numeri seguenti, nei quali non si è tenuto conto che delle sole specie marine, perchè le più abbondanti, specialmente negli strati più profondi.

| | Numero delle specie in uno spessore di 1000 piedi inglesi: |
|---|---|
| Nei terreni terziarii | 1410 |
| » » cretacei | 707 |
| » » giuresi | 456 |
| » » triasici e permiani | 82 |
| » » carboniferi | 47 |
| » » siluriani | 27 |

Questi risultati sono desunti dalle osservazioni fatte prima del 1834, e quindi il numero delle specie vi dev' essere certamente minore di quello che si otterrebbe tenendo conto anche delle osservazioni fatte da quell' anno in poi; ma è a credersi che le proporzioni fra i numeri delle specie ora conosciute nei diversi terreni non riescirebbero molto differenti.

**54. La potenza creativa ha sempre seguito uno stesso piano generale d'organizzazione.** — Sapendo che il globo fu successivamente abitato da specie differenti di animali e di piante, è interessante il cercare se la potenza creatrice abbia sempre seguìto gli stessi principii e lo stesso piano, che noi troviamo negli attuali abitanti della terra. E noi possiamo ben immaginarci che, essendosi successivamente variate di molto le circostanze e la geografia fisica della superficie terrestre, si siano succedute delle faune totalmente diverse e per nulla comparabili fra loro; oppure che tutte queste faune siano state create sopra un solo tipo generale, e che le differenze tra loro, per quanto grandi, non abbiano avuto luogo che nei particolari di minor importanza. Dal solo esame diretto delle specie sepolte in tutti i terreni e dal loro confronto con quelle attualmente viventi si può trarre una decisiva soluzione di questo quesito; e il risultato è appunto che *le faune dei diversi terreni non differiscono dall'attuale se non nei particolari meno importanti, e sono tutte foggiate secondo le stesse leggi dell'attuale.*

I naturalisti hanno distribuito tutti gli animali viventi in cinque grandi categorie, *vertebrati, annulosi o anellati, molluschi, raggiati e protozoi.* I quadrupedi, gli uccelli e i pesci, per esempio, sono animali vertebrati; gli insetti, i ragni, i gamberi e i granchii sono annulosi; le ostriche e le lumache sono molluschi; le stelle di mare, i ricci di mare, le ortiche di mare e il corallo sono raggiati; e gli infusorii sono protozoi. — Or bene, un esame completo degli animali fossili dimostra che si possono tutti distribuire insieme coi viventi in queste cinque grandi categorie.

Ma un' analogia ancora maggiore si trova allorchè si discende da queste divisioni primarie alle secondarie, ossia alle *classi.*

I vertebrati viventi si dividono in *mammiferi* (uomo, quadrupedi a sangue caldo e cetacei), *uccelli, rettili, batraci* (rane, salamandre, tritoni, ecc.) e *pesci.* Nello stesso modo si dividono anche i vertebrati fossili: ve n'ha di tutte queste cinque classi, e nessuno ve n'è, per cui sia necessario ammetterne alcun' altra.

Gli animali annulosi attuali si dividono in *insetti, miriàpodi* (millepiedi), *aracnidi* (ragni, scorpioni e animali analoghi), *crostàcei* (gamberi, granchii, ecc.,) e *vermi* di varie forme; ed una classificazione affatto eguale si può fare degli annulosi fossili.

I molluschi fossili, si dividono, come i viventi, in *cefalòpodi* (nautili, polpi, ammoniti, ecc.), *gasteròpodi* (de'quali è tipo generale la lumaca comune), *acéfali* (ostriche, arselle ed infiniti altri), *briozoarii* (per esempio le plumatelle ed altri animaletti acquatici), ecc.

E finalmente i raggiati e i protozoi, sì fossili che viventi, che altre volte si univano insieme col nome generico di *zoòfiti*, sono divisibili in *echinodermi* (stelle di mare, ricci di mare, ecc.), *polipi* (corallo, madrepore, ecc.), *infusorii* (che non si vedono se non col microscopio in quasi tutte le acque), e *spugne;* e di tutte queste classi v' hanno ad un tempo specie viventi e specie fossili.

**55. Ma la potenza creativa ha variato nei particolari.** — Ma se si discende ad un esame più particolareggiato, si cessa di trovare una così perfetta rispondenza tra gli animali fossili e i viventi. V'hanno generi e famiglie, spettanti a quasi tutte le classi suaccennate, che comprendono specie viventi e mancano di fossili; e v'hanno molti generi di animali fossili, che non contengono alcuna specie vivente. Di 1000 generi fossili, circa 500 contano anche specie viventi, gli altri 500 sono affatto estinti.

La differenza tra le faune passate e la presente è ancora maggiore, se si paragonano fra loro le specie: sopra 10,000 specie fossili ben

determinate, non ve n'ha più di 200 o 300, che vivano ancora nell'epoca attuale: tutte le altre sono estinte, e non si trovano che nei terreni anteriori al contemporaneo.

**56. Gli animali furono creati successivamente, e sono tanto più perfetti quanto più recenti.** — Quantunque in ogni terreno si siano trovati dei rappresentanti delle cinque principali divisioni del regno animale, pure gli animali sono ben lungi dall'essere egualmente distribuiti in tutti i terreni. La natura sembra al contrario averli chiamati successivamente alla vita cominciando dai meno perfetti e terminando con quelli di più perfetta organizzazione. I zoofiti e i molluschi, che sono quelli di infima organizzazione, comparvero pei primi, e i mammiferi, di organizzazione più perfetta, per gli ultimi.

Le prime forme di viventi che si trovano nei terreni silurici sono generalmente zoofiti o di altre classi di infima organizzazione, e i vertebrati non vi sono rappresentati che da pesci, ed anche questi vi si trovano in piccolissimo numero. Le stesse forme predominano anche nei terreni devonici e carboniferi. Durante il periodo permiano e triasico la natura vivente non aumentò che di pochi rettili. Nessun'altra classe comparve in tutta l'epoca giurese, ma aumentò grandemente il numero delle specie di rettili, così come di quelle di altre classi. La prima comparsa degli uccelli avvenne durante l'epoca cretacea, ma il loro numero fu molto limitato fino al principio dell'epoca terziaria. Finalmente, non è che nel periodo terziario, immediatamente anteriore all'attuale, che si trovano prove ben certe della prima comparsa dei mammiferi; e in questo stesso periodo crebbero rapidamente il numero e la varietà degli uccelli, dei rettili, dei pesci e di quasi tutte le altre classi d'animali.

Devesi tuttavia osservare che su certi strati giuresi si sono trovate delle impronte di passi, lasciate da animali quadrupedi, forse mammiferi, che hanno camminato sul terreno ancora molle; e che nel terreno triasico si vedono altre impronte di passi, le quali sembrano di uccelli (1).

**57. Tabella dei progressi della vita sulla terra.** — La tabella seguente, compilata su quelle molto più estese che accompagnano la *Paleontologia* di D'Orbigny, presenta la prima comparsa, la continuazione, gli aumenti e le diminuzioni in numero delle singole classi principali di animali, che hanno abitata la terra dall'epoca silurica sino all'attuale, che noi chiameremo epoca umana. La propor-

(1) Vedasi anche intorno a questo argomento l'*Aggiunta del Traduttore*, alla fine di questo trattatello.

zione delle specie di ciascuna classe in ciascun periodo, è rappresentata dai segni seguenti:

∵ *Minimum.*
× Quantità media.
+ Abbondanza.
Θ *Maximum.*

| CLASSI. | TERRENI. | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | GIURESI | | | CRETACEI | | | TERZIARII | | | |
| | Silurico. | Devonico. | Carbonifero. | Permiano. | Triasico. | Inferiore. | Medio. | Superiore. | Inferiore. | Medio. | Superiore. | Inferiore. | Medio. | Superiore. | Attuale. |
| Polipi | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | × | × | ∵ | × | ∵ | ∵ | × | ∵ | Θ |
| Crinoidi | + | + | Θ | | ∵ | ∵ | × | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ |
| Ofiuridi, Asteridi, Echinidi, Echinodermi | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | × | ∵ | ∵ | × | + | × | × | × | Θ |
| Briozoari | ∵ | × | × | ∵ | ∵ | ∵ | + | ∵ | × | + | Θ | × | + | × | + |
| Brachio podi | + | Θ | + | × | × | ∵ | × | ∵ | + | + | + | ∵ | ∵ | × | ∵ |
| Acefali | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | × | × | × | × | + | + | + | + | + | Θ |
| Gasteropodi marini | ∵ | ∵ | × | ∵ | ∵ | ∵ | × | ∵ | × | × | × | + | + | + | Θ |
| Acefali fluviatili | | | | | | | | ∵ | ∵ | | | × | × | × | Θ |
| Gasteropodi terrestri e fluviatili | | | | | | | | | ∵ | ∵ | ∵ | + | + | + | Θ |
| Cefalopodi acetabuliferi | | | | | ∵ | ∵ | × | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | Θ |
| » tentaculiferi | Θ | + | + | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ | + | × | + | ∵ | ∵ | ∵ | ∵ |
| Pesci | ∵ | ∵ | × | ∵ | ∵ | ∵ | × | ∵ | ∵ | ∵ | × | + | × | ∵ | Θ |
| Rettili | | | | ∵ | × | ∵ | + | ∵ | × | ∵ | ∵ | ∵ | × | × | Θ |
| Uccelli | | | | | ? | | | | ∵ | | ∵ | | ∵ | × | Θ |
| Mammiferi | | | | | | | ? | | | | | ∵ | ∵ | × | Θ |

**58. Epoca della maggiore abbondanza di mammiferi. — Comparsa dell' uomo.** — Si vede dalla tabella precedente che la creazione dei pesci, dei rettili, degli uccelli e dei mammiferi, che formano le quattro principali classi di vertebrati, durò dall'epoca silurica fino all' epoca attuale; aggiungeremo che l'uomo non dev'essere comparso sulla terra che al principio dell'epoca attuale, perchè in nessun strato più antico di quest' epoca si trovano veri avanzi della sua specie.

**59. Temporaria esistenza di molti generi e di molte specie.** — Quantunque le varie *classi* di animali e di vegetali, una volta comparse sulla terra, abbiano continuato ad esistere fino ad ora, pure lo stesso non avvenne dei singoli *generi* costituenti quelle classi, ed ancor meno delle *specie*. Delle specie, che si trovano

in un terreno, non esiste alcuna traccia nè nei terreni superiori nè in quelli che vi stanno sotto; e da questo si deduce che *quelle specie non hanno vissuto che durante il periodo corrispondente alla formazione di quel particolare terreno*, sono comparse al principio di quel periodo, e si sono estinte alla sua fine.

**60. Specie caratteristiche di certi terreni e loro uso.** — Quasi tutte le specie quindi, appunto perchè non si trovano che in terreni di età relativa ben determinata, sono caratteristiche di essi terreni, e possono servire a riconoscerli in modo più o meno certo, in qualunque paese o circostanza si trovino. E questo carattere distintivo dei diversi terreni è molto più costante di quello desunto dalla loro struttura mineralogica, benchè non sia sempre esatto e meritevole di piena fede. Ne daremo alcuni esempii.

**61. Trilobiti, fossili caratteristici dei terreni paleozoici.** — Una certa famiglia di crostacei, detta dei *trilobìti* (fig. 17 e 18), è quasi esclusivamente limitata al periodo silurico, trovandosi assai di raro nei terreni devonici e carboniferi, e mancando affatto in tutti i terreni più recenti.

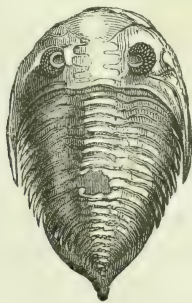



Fig. 17.

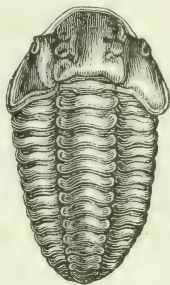



Fig. 18.

*Trilobiti.*

**62. Come siano questi trilobiti.** — I trilobiti avevano un corpo oblungo, diviso traversalmente in molti segmenti, il primo dei quali era assai grande e comprendeva la testa e il torace, e longitudinalmente in tre lobi, per mezzo di due solchi longitudinali. Il confronto delle forme di questi animali con quelle dei crostacei ora esistenti rende molto probabile che essi abbiano vissuto nelle profondità del mare, lungi dalle coste, nuotando col mezzo della coda, e non fermandosi mai, a motivo dei loro piedi disadatti al camminare e al tenersi fermi ai corpi subacquei, e della necessità di un continuo movimento per la respirazione. Dalla conformazione particolare della

loro bocca fu dedotto che questi crostacei devono esser stati carnivori, e che probabilmente si sono nutriti dei molluschi e dei vermi, i cui avanzi si trovano commisti ai loro. Ma un fatto ancora più interessante è questo, che i loro occhi avevano una struttura analoga a quella degli occhi degli insetti ora viventi, descritta nel nostro trattatello sulle *osservazioni microscopiche* (Vol. IV). Essa consiste in un gran numero di piccole piastrelle di forma ottagonale, chiudenti le estremità di altrettanti tubi fra loro aderenti, i quali formano una infinità di occhi disposti come i raggi di una ruota, e pei quali, senza muoverli in giro, l'animale poteva vedere allo stesso tempo tutt'all'intorno. In uno solo di questi occhi composti furono trovati all'incirca quattrocento piccoli occhietti prismatici (1).

**63. Riflessioni di Buckland intorno a questi fatti.** — Tale struttura degli occhi prova che le proprietà della luce e dei mezzi trasparenti componenti l'aria e l'acqua erano anche in quelle epoche antiche le stesse che nell'attuale. « In quanto all'acqua, dice a questo proposito Buckland, noi veniamo a conoscere che era in quei tempi così pura e così atta a lasciar passare la luce come oggidì. In quanto all'atmosfera, qualunque sia stata in quei tempi la sua composizione chimica, certamente essa deve essersi comportata rispetto ai raggi di luce così come adesso, in modo di lasciar giungere i raggi di luce a quegli occhi aventi la stessa struttura, che si trova anche adesso in moltissimi animali, benchè di classe differente. E in quanto alla luce stessa, da questa somiglianza perfetta fra gli occhi dei trilobiti d'allora e quelli degli insetti attuali deduciamo che anch'essa deve aver agito allora nello stesso modo e colle stesse leggi che adesso, e che quindi i primi crostacei comparsi sulla terra devono aver veduto precisamente come i crostacei e gli insetti dell'epoca nostra. Noi troviamo dunque in alcuni dei primi animali creati un organo di visione così complesso come i più complessi che vediamo negli anellati attualmente viventi; e ne deduciamo che l'organo della visione non è passato, per così dire, per una serie di perfezionamenti, dalla forma più semplice fino alla più complessa, ma già fin dal principio della vita sulla terra fu creato nel suo stato più complicato e perfetto, e più adatto agli animali che ne furono provvisti. Se si venisse a trovare in mano ad una mummia egizia o fra le rovine di Pompej e d'Ercolano un telescopio od un microscopio, non si potrebbe negare agli Egizii ed agli antichissimi

(1) La stessa struttura degli occhi si trova anche in parecchi generi di crostacei viventi e assai affini per le loro forme ai trilobiti. *(N. del Trad).*

Romani la conoscenza delle principali leggi dell'ottica: analogamente, anzi con maggior ragione, pensando a questi occhi complicatissimi, di cui furono dotati milioni e milioni d'individui, spettanti dapprima alla classe dei trilobiti e poscia a quella degli insetti, che si succedettero sulla terra dalle prime epoche geologiche fino ad ora, non possiamo a meno di ammettere un unico piano di creazione ed un solo Autore di tutte le cose, dotato d'un immenso sapere e d'una potenza infinita; e tanto più ci sentiam tratti ad ammirare il Creatore in queste sue opere, quanto più consideriamo che esse vincono sempre ogni opera umana in perfezione e in durata. »

**64. Specie caratteristiche del lias. — Ittiosauri.** — Nello stesso modo che i terreni più antichi hanno fossili particolari, anche il *lias,* cioè la parte inferiore del terreno giurese, è caratterizzato da varie specie spettanti alle classi dei rettili e dei molluschi, e ad altre classi inferiori. Fra i molluschi meritano d'essere specialmente annoverate le *ammoniti,* chiamate volgarmente *corna d'Ammone ,* perchè sono conchiglie spirali, e furono quindi paragonate a corna di montone pietrificate. Una specie è assai comune nel *lias ,* ed è l'*Ammonites Bucklandi* (figura 19) dedicata al celebre geologo inglese Buckland. Fra i rettili devono essere citati gli *ittiosauri* (figura 20), i quali, com'è indicato dalla stessa etimologia greca del nome, sono animali somiglianti nello stesso tempo alle lucertole e ai pesci. Avevano il muso e l'aspetto generale del marsovino, la testa di lucertola, i denti di coccodrillo, le vertebre (ossa brevi che formano la spina dorsale) di pesce, lo sterno (osso del petto) di ornitorinco e le natatoie di balena. L'enorme grandezza del globo del-

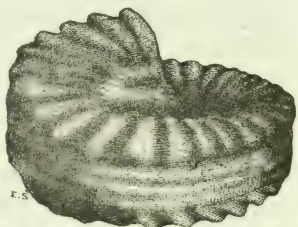



Fig. 19. *Ammonites Bucklandi.*

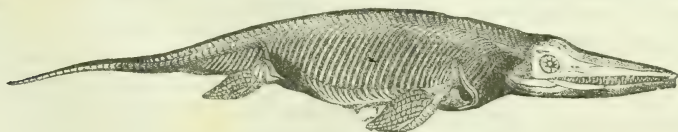



Fig. 20. *Ittiosauro.*

l'occhio è una delle singolarità di questo genere; in una specie la cavità dell'orbita ha il diametro di quindici pollici. Un anello di piastre ossee circonda l'apertura dell'orbita e sembra che fosse destinato a difendere in parte l'occhio ed a farlo sporgere più o meno, od a variare la convessità della cornea, a fine di adattar l'occhio alla

varia distanza degli oggetti. Questa singolarità, combinata colla gran forza delle natatoie, deve aver resi questi animali molto pronti nel vedere e nel raggiungere la preda.

Della stessa epoca sono anche i *plesiosauri* (fig. 21), altri rettili con natatoie e distinti dai precedenti pel collo lunghissimo e per altre particolarità.

Fig. 21. *Plesiosauro.*

Questi rettili singolarissimi erano dunque acquatici; e la forma dei loro denti prova che erano carnivori. I loro *copròliti,* ossia i loro escrementi fossilizzati, hanno tal forma, che somigliano assai a quelli di certi pesci viventi e muniti d'una valvola spirale nella parte ultima dell' intestino.

**65. Fossili caratteristici del Weald. — Ileosauro. — Iguanodonte.** — Un gruppo di strati, che in Inghilterra è chiamato *Weald,* e che sta fra i più recenti del terreno giurese e i più antichi del terreno cretaceo, è caratterizzato da molte piante monocotilédoni (cioè con un solo cotilédone) (1), da felci, da molte famiglie d'animali inferiori, di insetti, e di pesci, da alcuni rettili acquatici, fra i quali uno gigantesco e detto *Ileosauro,* ed anche da un rettile quadrupede, e terrestre, esso pure gigantesco, e chiamato *Iguanodonte,* perchè ha i denti simili a quelli dei rettili detti iguane.

(1) Esaminando un seme di pisello o di fagiuolo si trova che, levata la pellicola superficiale, tutto il seme si divide naturalmente in due parti eguali, e che fra queste si trova l'*embrione,* cioè la parte destinata a produrre col suo sviluppo una pianta novella, allorchè sia messa nelle opportune circostanze. Or bene, quelle due parti maggiori, in cui si divide il seme, si dicono *cotilédoni,* e servono a nutrire la nuova pianticina nel suo primo sviluppo, fino a che possa trarre i suoi alimenti dal suolo e dall'aria, per mezzo delle radici e delle foglie. Le piante che hanno semi così costituiti si dicono *dicotilédoni;* e comprendono moltissime erbe nostrali e tutti gli alberi dei nostri climi. Il grano turco, l'avena, il frumento e moltissime altre piante erbacee dei nostri climi, come pure le palme e molte altre piante della zona torrida, hanno un solo cotilédone al seme; del che è facile persuadersi esaminando, per esempio, un seme di avena, di grano turco, ecc.; e perciò si chiamano *monocotilèdoni.* Le felci, erbacee nei nostri climi, ma spesso arboree e simili a palme nei paesi caldi, i funghi, i licheni, le alghe ed altri vegetali analoghi, che non hanno mai veri *fiori,* producono semi senza cotilédoni; e per questo formano la terza grande divisione del regno vegetale, detta degli *acotilédoni* o *crittògami.*

*(Nota del Trad.)*

**66. Fossili caratteristici del terreno cretaceo.** — Fra i numerosi animali caratteristici del terreno cretaceo citeremo il *Mosasauro*, gran rettile marino che era lungo sette metri (figura 22), varie belemniti (figura 23), e le terebratule (figure 24 e 25).

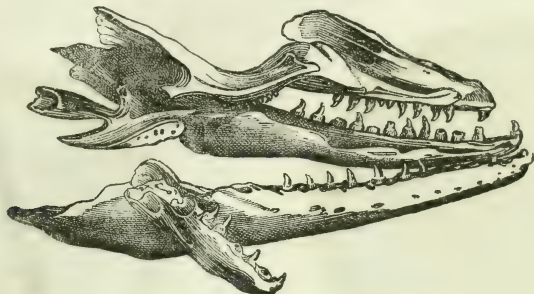



Fig. 22. *Ossa della testa del Mosasauro.*

Fig. 23. *Belemnite.*

Fig. 24. Fig. 25.
*Terebratule.*

**67. Distribuzione geologica dei cefalopodi.** — Quando v' hanno molti strati, nei quali abbondano gli animali di un dato genere o di una data famiglia, e questi animali si trovano dagli strati più profondi di quel gruppo fino ai più recenti, si possono spesso, ma non sempre, distinguere i diversi strati col mezzo di specie differenti e particolari a ciascun strato. Questo si verifica, per esempio, per le ammoniti e per i terreni secondarii, che da questi animali sono specialmente caratterizzati.

Le ammoniti, come abbiamo già detto più sopra, sono conchiglie ravvolte a spira (fig. 26 a 29), che furono paragonate pel loro aspetto alle corna spirali dell'ariete dedicato a Giove Ammone, ed anche a quelle di cui gli antichi ornavano la testa dello stesso dio. Esse si trovano in tutti gli strati dei terreni secondarii; ma ciascun strato ha certe specie d' ammoniti che gli sono proprie, del che possono servire d'esempio le specie rappresentate dalle figure or ora citate (1).

(1) Vedasi anche su questo argomento l'*Aggiunta del Traduttore*, in fine di questo trattatello.

E questo si può dire anche estendendo il loro genere in modo di comprendervi altre conchiglie, per es. le *ceratiti* (fig. 30), che sono molto affini alle vere ammoniti, ma ne sono chiaramente distinte per caratteri particolari, e si trovano anche in tutti i terreni paleo-

Fig. 26. *Ammonites Humphresianus.*

Fig. 27. *Ammonites Walcotii.*

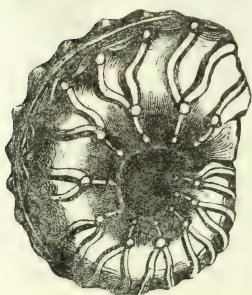



Fig. 28.
*Ammonites varians.*

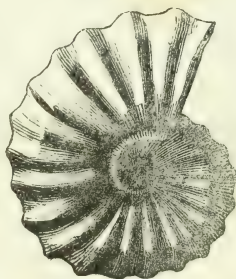



Fig. 29.
*Ammonites rothomagensis.*

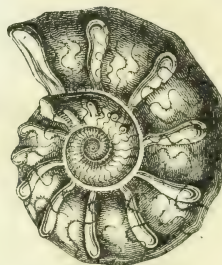



Fig. 30.
*Ceratites nodosus.*

zoici. Sopra 222 specie di conchiglie del gruppo delle ammoniti, così esteso, 17 spettano alle rocce fossilifere più antiche, 7 al terreno carbonifero, 15 alla nuova arenaria rossa (terreno triasico e permiano), 137 al terreno giurese e 47 al terreno cretaceo.

**68. Vario sviluppo dei cefalopodi nelle diverse epoche.** — Le ammoniti, i nautili e molti altri generi d'animali molluschi, i quali con un vocabolo derivato dal greco vengono chiamati *cefalòpodi* perchè hanno la testa circondata da appendici o da braccia che servono anche come piedi, e sono costruiti in generale sul

tipo delle comunissime seppie (1), stanno fra gli animali più caratteristici delle varie epoche, e variano assai di numero nei diversi gruppi di strati.

Nei terreni paleozoici sono numerosissimi, ma uno solo dei generi che vi si trovano vive ancora attualmente, ed è quello dei *nautili* (fig. 31); tutti gli altri sono estinti.

Il numero loro è ancora assai grande nei terreni secondarii, e specialmente nel terreno giurese e nel cretaceo; ed in questi terreni soltanto si trovano vere *ammoniti*.

Nei terreni terziarii non v' ha più alcuna ammonite, ed il numero totale dei cefalopodi è di molto diminuito.

Anche gli individui sono assai numerosi, così che spesso certi strati ne sono interamente formati; e sono anche spesso benissimo conservati, persino col loro splendore madreperlaceo interno, come i nautili viventi, e con tutti gli ornamenti esterni così intatti, che si possono studiare e determinare colla stessa facilità delle specie appena pescate nel mare.

(1) Credo utile il dire che v'hanno cefalopodi nudi e cefalopodi con conchiglia esterna. Le seppie, i calamari e i polpi, che si mangiano in tutti i porti di mare, sono nudi ed hanno nel loro interno una parte dura, che fa, per così dire, l'ufficio di conchiglia interna. Il così detto *osso di seppia* è la parte dura della seppia. I cefalopodi con conchiglia esterna (argonauti, nautili, ecc.) hanno il corpo della

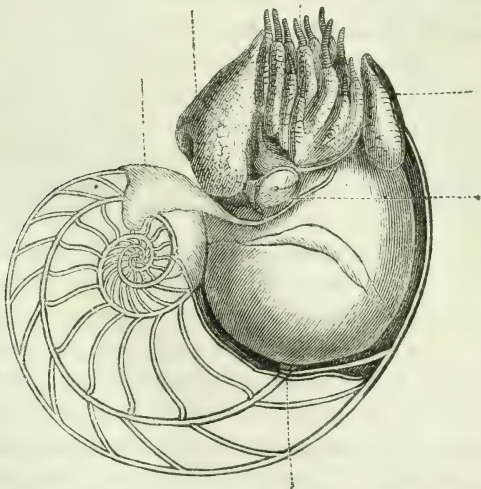



Fig. 31. *Conchiglia del Nautilo, spaccata e coll' animale nella sua prima camera.*

stessa forma che i nudi, ma racchiuso in una conchiglia, la quale è ad una sola cavità (argonauti), oppure divisa da molti tramezzi in altrettante camere (nautili) (fig. 31). *(Nota del Trad.)*

**69. Gasteropodi.** — I molluschi *gasteròpodi*, i quali, come l'indica anche l'etimologia greca del loro nome generico, camminano sul ventre (fig. 32), e sono costrutti sul tipo delle lumache comuni con e senza conchiglia, hanno anch'essi lasciato molti avanzi negli strati terrestri. Quelli terrestri e d'acqua dolce non si trovano abbondanti che nei terreni terziarii; ma de' marini è grande il numero, fin nei terreni più antichi, e va crescendo da quei terreni sino ai più recenti. Stanno fra i primi animali comparsi sulla terra, e, quel ch'è singolare, molti generi che si trovano nei terreni più antichi vivono ancora nell'epoca attuale.

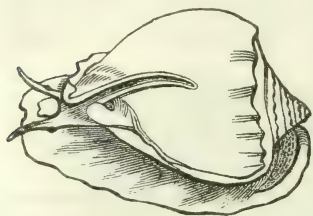



Fig. 32. *Un gasteropodo.*

La completa analogia tra le forme antiche e le attuali può essere dimostrata da moltissimi esempii, tolti dall'infinito numero delle conchiglie raccolte dai geologi in tutti i terreni, e da quelle pescate ora nei diversi mari.

**70. Molluschi acefali.** — Anche pei molluschi *acefali*, cioè per quelli che non hanno testa distinta e che sono racchiusi in una conchiglia a due valve, come le ostriche comuni e varie conchiglie d'acqua dolce, si può ripetere quello che s'è detto dei gasteropodi. Essi sono dètti anche *lamellibranchi*, perchè hanno le branchie (ossia quelle parti con cui respirano nell'acqua) foggiate a lamine.

**71. Molluschi brachiopodi.** — Potremmo dire lo stesso anche dei molluschi brachiopodi, che sono acefali con particolari appendici, che servono come braccia o come piedi. Le terebratule, che spettano a questo gruppo di animali, si trovano fossili in molti terreni, e viventi nei mari attuali, però di specie diverse.

Fig. 33. *Animale della Terebratula.*

**72. Briozoarii.** — Sulle conchiglie marine e sugli scogli si trovano spesso delle incrostazioni reticolate, porose o con altre strutture complicate; sul fondo del mare e attaccate agli scogli si trovano anche delle specie di arborizzazioni minerali, con forellini ed aperture d'altre forme, e in modi svariatissimi configurate: quelle incrostazioni e queste arborizzazioni sono costrutte da animaletti piccolissimi, che dai naturalisti vengono collocati fra i raggiati, e più specialmente chiamati *briozoarii (bryon,* muschio, *zoon,* animale), perchè talvolta somigliano ai muschi che tappezzano i vecchi tronchi di alberi.

La *reticulipora* rappresentata nelle figure 34 a 37 ne può servire di esempio. È un genere estinto di *retepore,* di cui si conoscono almeno quattro specie, la prima nell' oolite media, le altre nella parte superiore del terreno cretaceo.

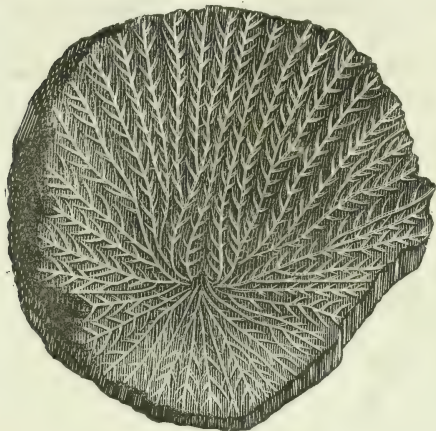
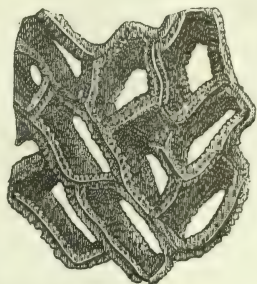



Fig. 34. Fig. 35.

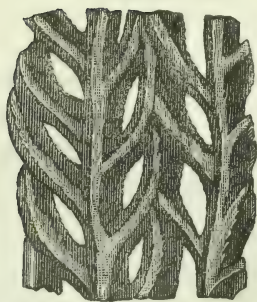
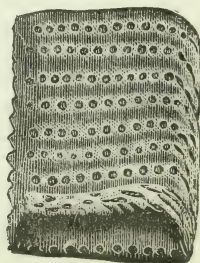



Fig. 36. Fig. 37.

*Reticulipora.*

La figura 34 rappresenta una specie nella sua naturale grandezza: la fig. 35 ne mostra la parte esterna e ingrandita; la fig. 36 la parte interna, parimente ingrandita, e la fig. 37 le lamine ancora più ingrandite.

**73. Quantità enorme degli avanzi d'animali e di vegetali.** — Fra i più interessanti risultati degli studii sugli animali e vegetali esistenti sulla terra nelle diverse epoche geologiche v' ha certamente la scoperta dell'enorme quantità di materia, che essi corpi viventi hanno successivamente estratta dall'acqua e dall' aria, e la-

sciata poi, dopo la lor morte, quasi a testimonio della loro esistenza. Intere isole ed anche moltissimi strati estesi per interi continenti furono in tal modo prodotti dagli animali e dai vegetali, traendo per mezzo delle forze loro proprie le materie calcaree, silicee, carboniose e d'altra natura dall'acqua e dall'aria, e lasciandole poi, morendo, in potere delle forze generali della natura.

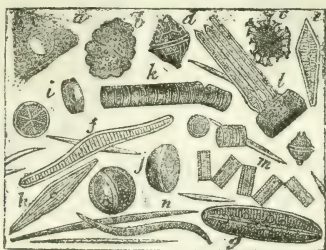
**74. Osservazioni d'Ehrenberg.** — Ehrenberg, celeberrimo microscopista e naturalista prussiano, ha trovato in Germania uno strato, che non ha meno di 14 piedi di spessore, e che è interamente ed esclusivamente formato di avanzi di animaletti microscopici così piccoli, da trovarsene quaranta mila milioni nel solo spazio di un pollice cubico (fig. 38).

*a* Desmidium apiculosum.
*b* Enastrum verrucosum.
*c* Xantidium ramosum.
*d* Peridinium pyrophorum.
*e* Gomphomena lanceolata.
*f* Hemanthidium arcus.
*g* Pinnularia dactylus.
*h* Navicula viridis.
*i* Actynocyclus senarius.
*j* Pixidula prisca.
*k* Gallionella distans.
*l* Synedra ulna.
*m* Bacillaria vulgaris.
*n* Spicule di spugne.

Fig. 38. *Infusorii fossili.*

**75. Altri depositi formati di soli avanzi d'animali o vegetali.** — Gli strati formati degli avanzi di vegetabili, che consistono ora in vere foreste sepolte per effetto di cangiamenti di livello, ed ora in agglomerazioni di frammenti di piante in antichissime bocche di fiumi od estuarii coperte poscia da sedimenti marini, fluviatili o lacustri, furono col tempo così alterati da trovarsi oggidì trasformati in banchi di antracite, di carbon fossile e di lignite. I banchi di

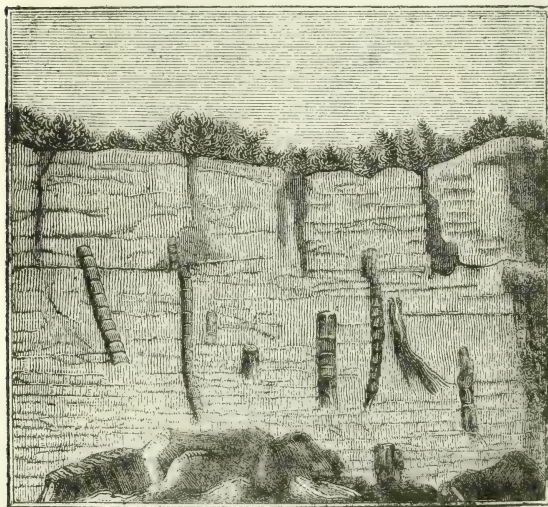



Fig. 39. *Tronchi d'alberi ancora verticali della miniera di Treuil.*

torba non hanno altra origine, fuorchè dalla decomposizione di radici e di erbe palustri. Frequentissimi sono in certi terreni i tronchi d'alberi pietrificati o calcinati (fig. 39). E finalmente v'hanno strati,

Fig. 40.

Fig. 41.

*Esempii di polipai.*

Fig. 42.

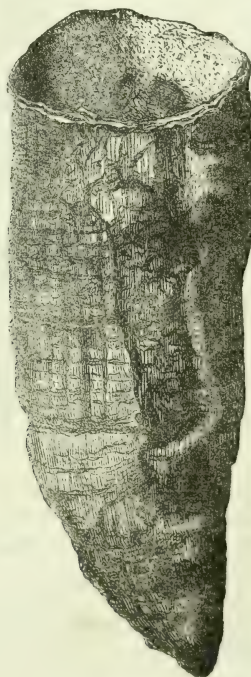



Fig. 43.

*Ippuriti.*

spesso così grossi e numerosi da formare colline ed anche montagne alte centinaja e migliaja di piedi, e interamente composti di detriti di conchiglie, di polipai e d'altri avanzi d'animali (fig. 40 a 45). Così

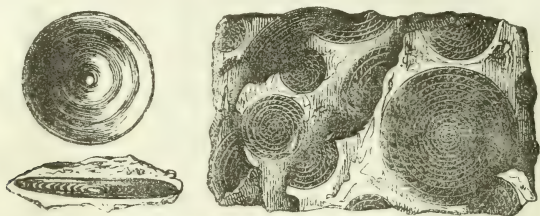



Fig. 44. *Calcare con nummuliti.*

che il filosofo, osserva a questo proposito il Dott. Mantell, può quasi ripetere l'esclamazione del poeta:

*Qual polve c'è, che non sia stata viva?* (1)

Tutte le varie famiglie e classi d'animali, dagli infusorii e dai raggiati fino all'uomo stesso, tutte hanno più o meno contribuito a formare la crosta solida del globo, per mezzo dei loro avanzi.

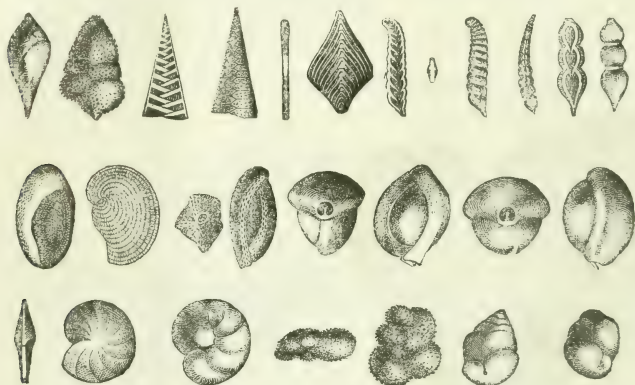



Fig. 45.

*Gusci d'animaletti quasi microscopici (foraminiferi o politalamici), che da soli formano interi ed estesissimi strati, sì nei terreni antichi che nei moderni, ed anche nei mari attuali.* (Sono rappresentati come si vedono col microscopio).

La tabella seguente, estratta dall'opera dello stesso Dott. Mantell, presenta in modo conciso i principali esempii di ciò che abbiam detto finora.

(1) Where is the dust that has not been alive?

| ROCCE COMPOSTE TOTALMENTE OD IN PARTE DI AVANZI D'ANIMALI. | | |
|---|---|---|
| *Strati.* | *Avanzi organici più abbondanti.* | *Terreni.* |
| Schisti con trilobiti . . . | Troibiti . . . . . . . . . . . . . . . . . | Silurico. |
| Calcare di Dudley . . . . | Coralli, crinoidi, crostacei, conch. marine | » |
| Calcare conchiglifero. . . | Conchiglie di brachiopodi . . . . . . . . | » |
| Calcare di montagna. . . | Coralli e conchiglie marine . . . . . . | Carbonifero. |
| Marmo ad encrini . . . . | Crinoidi e conchiglie marine. . . . . . | » |
| Strati conchigliferi . . . . | Conchiglie d'acqua dolce . . . . . . . . | » |
| Noduli di ferro idrato. . | Trilobiti, insetti e conchiglie marine . | » |
| Schisti e argille del lias. | Pentacriniti, rettili e pesci . . . . . . . | Lias. |
| Calcari . . . . . . . . . . | Terebratule e altre conchiglie marine . | » |
| Conglomerati . . . . . . . | Pesci, coralli e conchiglie marine . . . | » |
| Calcari a grifiti . . . . . | Conchiglie marine, specialmente grifiti. | » |
| Calcare conchiglifero . . . | Terebratule e altre conchiglie marine. | Oolite inferiore. |
| Schisti di Stonesfield. . . | Conchiglie marine, rettili, pesci e insetti | Oolite. |
| Schisti di Pappenheim. . | Crostacei, rettili, pesci e insetti . . . . | » |
| Pietra di Bath . . . . . . | Conchiglie marine, coralli, crinoidi, rettili e pesci . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Calcare ammonitico . . . | Conchiglie di cefalopodi, principalmente ammoniti. . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| *Coral rag* . . . . . . . . | Coralli, conch. mar., echini e ammoniti. | » |
| Calcare di Bradford . . . | Crinoidi, conchiglie marine, coralli e cefalopodi . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Oolite di Portland . . . . | Ammoniti, trigonie e altre conch. mar. | » |
| Strati di Purbeck e marmo di Sussex . . . . . | Conchiglie di acqua dolce e crostacei . | Weald. |
| Calcare di Weald . . . . | Cicladi e altre conchiglie d'acqua dolce, crostacei, rettili e pesci. . . . . . . . | » |
| Strati di Tilgate . . . . . | Ossa di rettili e pesci, e conchiglie d'acqua dolce . . . . . . . . . . . . . | » |
| Deposito di Farrington . | Spugne, coralli, echini e conch. marine. | Gres verde. |
| Gres verde . . . . . . . . | Zoofiti fibrosi . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Creta . . . . . . . . . . . | Politalamici e altri animaletti infusorii (briozoarii). . . . . . . . . . . . . . . | Cretaceo. |
| Calcare di Maestricht . . | Coralli, conchiglie marine, ammoniti, belemniti, altri cefalopodi e rettili . | » |
| Calcare ippuritico . . . . | Conchig. marine, specialmente ippuriti. | » |
| Altri calcari . . . . . . . | Echini e belemniti . . . . . . . . . . . | » |
| Ghiaie e ciottoli . . . . . | Spugne e altri zoofiti, infusorii, echini, conch. marine, coralli, crinoidi, ecc. | » |
| Calcare . . . . . . . . . . | Conchiglie di acqua dolce . . . . . . . | Terziario. |
| Rocce nummulitiche . . . | Nummuliti (specie di briozoarii). . . . | » |
| Calcare grossolano . . . . | Conchiglie marine e coralli. . . . . . . | » |
| Calcare con gesso . . . . | Ossa di mammiferi (paleoterii ed altri), uccelli, rettili e pesci . . . . . . . . | » |
| Marne lacustri . . . . . . | Cipridi, friganee, conch. d'acqua dolce. | » |
| Calcare del Monte Bolca. | Pesci . . . . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Breccia ossifera . . . . . | Mammiferi e conchiglie terrestri . . . | » |
| Arenarie presso l'Imalaja. | Ossa d'elefanti, mastodonti, rettili ecc. | » |
| Tripoli . . . . . . . . . . | Infusorii . . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Semiopale. . . . . . . . . | Infusorii . . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Terra di Richmond . . . | Infusorii . . . . . . . . . . . . . . . . | » |
| Calcare della Guadalupa. | Ossa umane, conch. terrestri e coralli. | Contemporaneo. |
| Calcare delle Bermude . | Coralli, conch. mar., serpule e infusorii. Detriti di coralli, conchiglie ecc.. . . . | » |
| Ferro delle paludi . . . . | Infusorii . . . . . . . . . . . . . . . . | » |

In questa tabella, per quanto sembri estesa, furono ommessi molti strati, che contengono gran copia di avanzi animali.

Nei terreni terziarii si trovano in modo ben certo avanzi d'ogni sorta d'animali, fuorchè dell'uomo, di cui non si vedono tracce se non negli strati più recenti, cioè in quelli che si sono prodotti durante l'epoca attuale, dopo la comparsa dell'uomo sulla terra e l'estinzione di gran parte delle specie che vissero nell'ultima epoca terziaria.

**76. Successione delle faune nelle diverse epoche geologiche.** — Abbiamo già veduto in addietro che ciascun strato o, meglio, ciascun terreno ha dei fossili caratteristici, che gli sono proprii. A questo alludeva Sir Roderico Murchison quando scriveva le seguenti parole: « Cominciando dai vertebrati, non sono totalmente diversi i pesci dell'antica arenaria rossa da quelli del sistema carbonifero, e questi dalle specie proprie del terreno silurico? Agassiz ha deciso che realmente sono diversi. Fra i crostacei così numerosi del terreno silurico, ve n'ha alcuno che si ritrovi anche negli strati carboniferi? Io non dubito a rispondere che non ve n'ha alcuno. Quel singolare cefalopodo che è detto *Phragmoceras* e le *lituiti* non sono forse forme proprie esclusivamente del terreno silurico? V'è qualche specie di crinoide già figurata nel terreno silurico, che si conosca anche nel terreno carbonifero? Il *Serpuloides longissimus* e quei corpi singolari che si chiamano *graptoliti*, o, in breve, di tutti i zoofiti del sistema silurico, ne fu in modo ben certo ritrovato alcuno nelle rocce carbonifere? E in quanto ai coralli, che pure sono così abbondanti, da formare assolutamente vere scogliere anche nelle rocce più antiche, il signor Lonsdale, che tanto e con tanto profitto si occupa delle loro specie, non è egli forse dell'opinione, che non ve n'è alcuna specie, la quale sia comune ad ambedue i terreni, silurico e carbonifero? »

**77. Opinione di D' Orbigny.** — Queste idee, già da molto tempo messe innanzi dal Murchison, sono state confermate dalle ricerche di Alcide D'Orbigny, il quale ha raccolto e riassunto in diverse opere (e specialmente nel *Corso elementare di Paleontologia stratigrafica)* i risultati di tutte le osservazioni sue ed altrui, fatte in molte parti sì dell'antico come del nuovo continente. Questi risultati generali si possono riepilogare nel modo seguente:

1.° *Durante tutta la serie dei periodi geologici,* dalla prima comparsa della vita sulla terra fino all'epoca più recente, nella quale sono comparsi l'uomo e gli altri animali tutt'ora viventi, *la terra fu popolata da altrettante faune successive d'animali, le quali furono l'una dopo*

*l'altra distrutte da altrettanti diluvii devastatori, prodotti da violenti convulsioni della terra.*

2.° *Gli avanzi di queste faune sono sepolti in altrettanti gruppi di strati ossia in altrettanti terreni, sottoposti l'uno all'altro regolarmente e caratterizzati appunto dalle varie faune loro proprie.*

3.° *Nessuna specie, che sia vissuta in una data epoca, e che quindi sia sepolta nel terreno formatosi in quell'epoca, ha continuato a vivere nell'epoca seguente; e quindi nessuna specie si può trovare nel terreno superiore a quello di cui è caratteristica.*

4.° *Molti generi però continuarono a sussistere durante più epoche, ma sempre rappresentati da specie diverse.*

5.° *Altri generi all'incontro hanno cessato di vivere molto tempo prima dell'epoca attuale.*

6.° *Altri ancora hanno cominciato ad esistere in epoche più o meno recenti, e continuano ancora a vivere nell'attuale.*

7.° *Al principio però dell'epoca attuale nessun genere nuovo fu chiamato ad esistere, ad eccezione del genere umano*, il quale però, secondo alcuni eminenti naturalisti, meriterebbe d'esser innalzato ad un grado più elevato, e perfino a quello d'un *regno* a parte, detto appunto *regno umano.*

Ciascuna delle faune, che si sono succedute sulla terra, conta più centinaia di specie. Secondo D'Orbigny, quella dei terreni cambrico e silurico contiene non meno di 418 specie di animali, le quali hanno abitato la terra nella prima epoca della sua animalizzazione, e spettano a tutte le classi del regno animale, eccettuata quella dei vertebrati.

Su questo argomento basterà per ora il poco che ne abbiam detto; ma ritorneremo sovr'esso in un altro trattatello di questo stesso volume (1).

---

(1) Vedasi anche nell'*Aggiunta del Traduttore*, in fine di questo trattatello, il paragrafo sulla *successione delle faune.* (*Nota del Trad.*)

## IV.

## DISLOCAZIONI DELLA CROSTA TERRESTRE E ORIGINE ED ETA' RELATIVA DELLE MONTAGNE.

**78. Gli strati nella loro posizione originaria sono orizzontali.** — Come fu già detto in addietro, gli strati in via di formazione si dispongono orizzontalmente, l'uno sull'altro, così che quelli for-

Fig. 46.

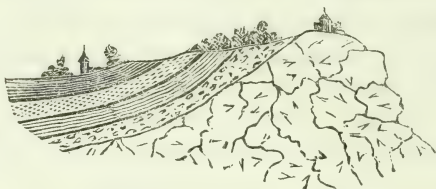



Fig. 47.

mati pei primi sono i più profondi, e i più recenti sono quelli più vicini alla superficie. *Quando dunque gli strati non siano stati mossi dalla loro originaria posizione, si trovano sempre orizzontali,* e quindi anche paralleli alla superficie del suolo, se questo forma una pianura. In tal caso, uno spaccato (o una sezione) della crosta terrestre si presenta come nella figura 46. (1).

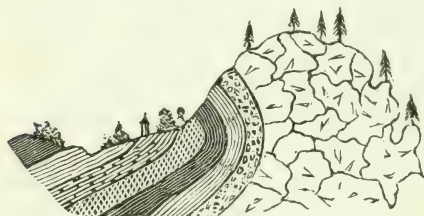



Fig. 48.

**79. Gli strati non orizzontali sono stati smossi dalla loro posizione originaria.** — Nei paesi ondulati, nelle colline e nelle montagne trovansi invece di solito, ma non sempre, gli strati più o meno inclinati (fig. 47.), e spesso anche ripiegati o verticali (fig. 48).

Quando si considera che questi strati si sono formati orizzontalmente, si trova evidente che devono aver preso le posizioni rappre-

(1) Uno *spaccato*, un *taglio* od una *sezione naturale* è ogni parete più o meno verticale d'una valle, d'un burrone, d'una balza sul mare, d'un precipizio qualunque, nella quale si possa vedere la sovrapposizione degli strati o in generale la disposizione delle rocce, che costituiscono il suolo delle pianure, le colline e le montagne. Anche i tagli fatti dall'arte per cavar pietre, argille od altro, per aprire strade o canali, o per qualunque altro scopo, si possono considerare geologicamente come spaccati naturali, perchè ci dimostrano anch'essi qual'è realmente la struttura della crosta terrestre. *Spaccato o diaframma artificiale*, o, meglio, *teorico*, è ogni

sentate dalle precedenti figure dopo la loro formazione e per l'azione di qualche forza, che li ha così sollevati, piegati e sconvolti.

disegno, nel quale un geologo rappresenti *quale struttura egli creda che abbia un dato paese*, deducendo questa sua opinione dalle osservazioni positive fatte negli spaccati naturali, nelle miniere e in altri modi. In questi spaccati teorici si immagina che il paese in quistione sia tagliato da un piano verticale convenientemente diretto, e che si possa così vedere e disegnare dal vero la sua interna struttura. Questi spaccati sono spesso difficili a immaginarsi, perchè non sempre si possono fare osservazioni così numerose e complete, che facciano ben comprendere la disposizione sotterranea degli strati e delle altre rocce.

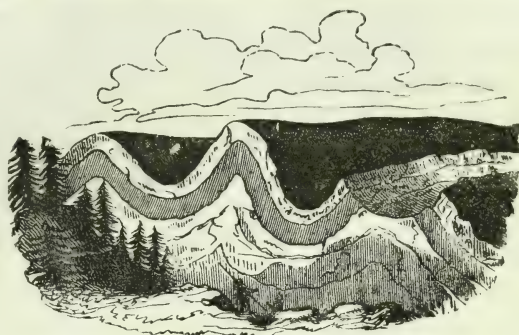



Fig. 49. *Valli del Giura.*

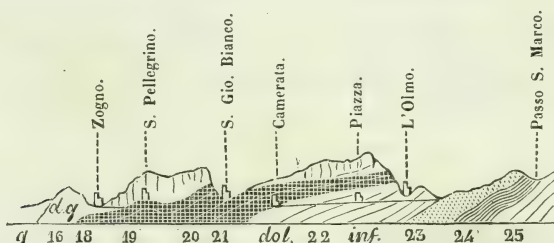



Fig. 50. *Spaccato teorico longitudinale della Valle Brembana.*

(9. Calcari cretacei. — 16. e *d. g.* Calcari e dolomie giuresi. — 18, 19. 20 e 21. Rocce variegate triasiche. — 22. e *dol. inf.* Dolomia inferiore triasica (*muschelkalk*). — 23. Arenaria rossa e *verrucano*, triasica e fors' anche del terreno carbonifero. — 24. Schisti neri, forse del terreno carbonifero. — 25. Gneiss e micaschisti. — Spaccato tolto dai *Cenni sullo stato geologico dell'Italia* del Dot. G. Omboni, ma colla classificazione dei terreni modificata secondo le più recenti scoperte, posteriori alla pubblicazione di quei *Cenni*.)

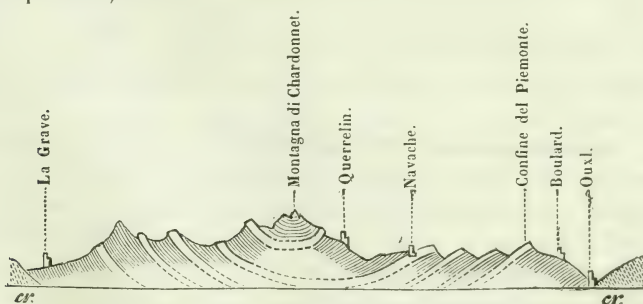



Fig. 51. *Spaccato trasversale teorico delle Alpi Cozie.*

(*cr.* Terreno cristallino, coperto dal terreno antracitifero.)

La figura 49 rappresenta uno spaccato naturale; le figure 50 e 51 varii spaccati teorici relativi all'Italia. *Nota del Trad.*

**80. Struttura delle montagne**. — Le colline e le montagne più o meno elevate presentano quindi di solito nella loro struttura interna degli strati più o meno inclinati, spesso rotti e resi verticali, e, sotto a questi, delle rocce ignee e cristalline, cioè graniti ed altre rocce analoghe.

**81. Disposizione delle testate degli strati**. — In tal caso le testate, ossia i margini degli strati rotti si trovano avere una regolare disposizione sui fianchi della montagna, così che la testata dello strato più recente è la prima in basso, e tutte le altre le sono sovrapposte, fino a quella più in alto, che appartiene allo strato più antico. Ciò che si vede manifestamente dalla figura 52.

Fig. 52. *Banchi raddrizzati attorno ad una cupola trachitica.*

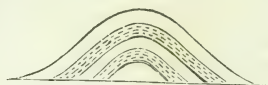



Fig. 53 *Collinetta a strati rialzati verso la sommità.*

**82. Quando tutti gli strati sono rotti**, le rocce ignee sono giunte fino alla superficie del suolo, e formano di solito la sommità della collina o della montagna, e gli strati sono disposti sui fianchi nel modo or ora descritto e rappresentato nella figura 52.

**83. Quando non sono rotti tutti gli strati**, le rocce ignee non si vedono alla superficie del suolo, perchè rimangono nascoste sotto agli strati non rotti. — In tal caso può darsi che nessun strato sia rotto, e allora le rocce ignee rimangono, per così dire, sotto ad una vôlta formata da tutti gli strati semplicemente piegati ad arco (fig. 53); e può darsi che gli strati superiori siano rotti e gli inferiori no, così che questi ultimi costituiscano da soli la vôlta anzidetta, e gli altri si presentino colle loro testate disposte sui fianchi della montagna nel modo solito (fig. 54).

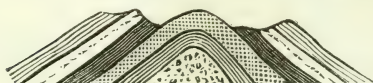



Fig. 54.

**84. Stratificazione discordante**. — Se dopo la dislocazione gli strati sono rimasti ancora sott'acqua e si sono deposti nuovi sedimenti, questi hanno preso naturalmente la posizione orizzontale e quindi differente da quella degli strati dislocati. Tale discordanza fra gli strati prodotti dapprima e i posteriori si dice appunto *stratificazione discordante*, e si trova assai spesso nelle colline e nelle montagne, così che riesce manifesta l'azione d'una forza disturbatrice, e più o meno facile il trovare l'epoca geologica in cui è avvenuta la dislocazione.

Le figure 55 e 56 rappresentano due esempii di stratificazione discordante, mostrando degli strati orizzontali giacenti sopra degli strati obliqui.

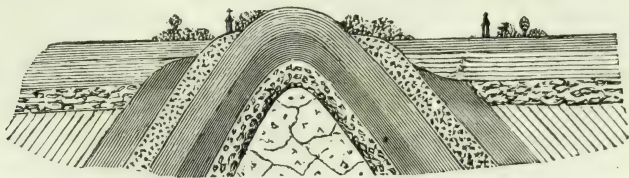



Fig. 55.

**85. Come la discordanza degli strati serva a determinare l'epoca della dislocazione.** — È evidente che l' epoca della dislocazione degli strati inclinati o verticali o ripiegati deve essere *posteriore* alla formazione di questi strati ed *anteriore* alla

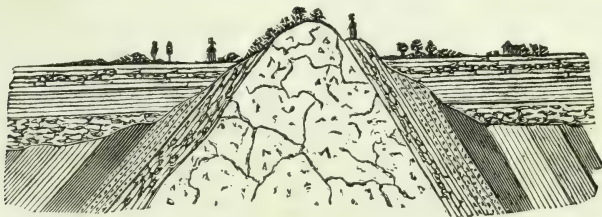



Fig. 56 .

produzione degli strati orizzontali giacenti sopra quelli; e che quindi, conoscendo l'età relativa di ciascuno dei due gruppi di strati discordanti, si conosce più o meno esattamente anche l'età relativa della dislocazione, perchè dev' essere *intermedia* fra quelle dei due gruppi di strati. Ora, se il più recente degli strati sollevati sta nella scala geologica immediatamente sotto il più antico di quelli che sono orizzontali, l' epoca della dislocazione è, geologicamente parlando, determinata con esattezza, giacchè si trova fra quelle in cui si formarono due strati, dei quali l'uno segue immediatamente all'altro. Ma se, come avviene assai spesso, il più profondo strato orizzontale non viene nella scala geologica immediatamente dopo il più alto degli strati inclinati, e mancano quindi gli strati intermedii, l'epoca della dislocazione non può esser determinata che in un modo molto incerto, e tanto più incerto, quanto più grande è il numero degli strati mancanti.

**86. Determinazione dell'età relativa delle montagne. — Le Alpi meno antiche di altre catene montuose. —** V' hanno pochi ragionamenti così concludenti, belli e semplici

come questi, con cui si può giungere a determinare *l'età relativa* delle catene montuose, ossia l'epoca geologica in cui si sono formate, in conseguenza della dislocazione dei loro strati.

Le montagne del Cumberland ed altre in altre parti dell'Inghilterra, si può dimostrare facilmente e decisamente che sono sorte molto tempo prima delle Alpi, delle Ande d'America e d'altre catene montuose gigantesche. Un breve esame dei fianchi di quei monti inglesi fa vedere, che in essi gli strati dislocati appartengono ai terreni più antichi, e che sovr'essi si adagiano orizzontalmente quelli dell'arenaria rossa (terreno permiano e triasico). È facile conchiuderne, che quei monti si sono formati pel sollevamento di quegli strati antichissimi, *prima* della formazione di quelli dell'arenaria rossa; e che nell'epoca successiva, intorno ad essi monti, la superficie terrestre rimase coperta d'acqua, così che vi si depositarono gli strati orizzontali d'arenaria rossa.

Un esame della struttura delle Alpi conduce ad un risultato ben diverso. Sui fianchi di queste montagne si vedono inclinati, rotti e dislocati anche gli strati terziarii, che nel restante d'Europa si vedono di solito in posizione orizzontale occupare il fondo delle valli o formare estese pianure. Bisogna dedurne che la data della dislocazione degli strati componenti le Alpi, che è poi anche la data della formazione di questa catena, è *posteriore* alla formazione dei terreni terziarii, mentre quella della formazione dei già citati monti inglesi abbiamo veduto essere *anteriore* alla produzione della arenaria rossa. Quindi quei monti inglesi sono molto più vecchii delle Alpi, ed erano già terra ferma, quando la maggior parte del continente europeo, e specialmente lo spazio ora occupato dalle Alpi era ancora tutto coperto d'acqua.

Più avanti sarà più estesamente sviluppato questo argomento dell'età relativa delle montagne.

**87. Come l'inclinazione degli strati renda più facile lo studio dell'intera serie dei terreni.** — Da quanto abbiamo detto finora e dall'esame delle figure 46 a 56 si può comprendere il modo con cui i geologi possono arrivare a conoscere la struttura della crosta terrestre a profondità molto maggiore di quelle, che si possono raggiungere col mezzo di scavi diretti, di miniere, e di pozzi. La natura stessa ha, per così dire, facilitato lo studio dei terreni col mezzo di quelle stesse dislocazioni, che a primo aspetto sembrerebbero doverlo rendere più difficile e talvolta anche impossibile. Infatti, in conseguenza di queste dislocazioni, gli strati si trovano assai spesso molto inclinati (fig. 57), e giungono alla superficie del suolo in modo da vedersi

ben distinte e fra loro paralelle le linee secondo cui essi strati sono troncati dalla superficie del suolo. E così, camminando in direzione perpendicolare a queste linee, si passa da uno strato all'altro, e si vedono tutti successivamente e regolarmente, nell'istesso ordine

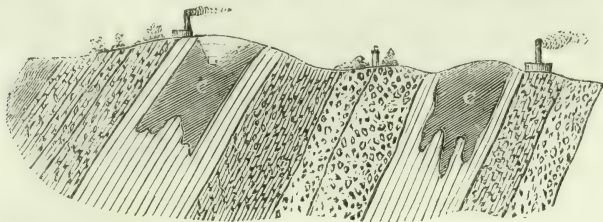



Fig. 57.

con cui sono sovrapposti; e se in un dato paese esiste tutta la serie completa dei terreni, e giunge a fior di terra, o, come dicono i geologi, viene ad affiorare nel modo anzi descritto, si può venirla a conoscere tutta quanta con molta maggiore facilità, che se gli strati fossero orizzontali e si dovesse esaminarli col mezzo di diverse specie di scavi artificiali.

**88. Erosioni e successive formazioni di strati per opera dell'acqua.** — Fra le indicazioni che gli strati discordanti ci danno dei passati cangiamenti, a cui andò soggetta la superficie del globo, v'ha quella di porzioni di strati rotte e asportate dalle acque, ossia di erosioni prodotte, sia dalle violenti agitazioni dell'acqua in conseguenza dei subitanei cangiamenti di livello del suolo, sia dalle acque del mare mosse dal vento, dalle maree o dalle correnti. Le valli che hanno la struttura rappresentata nella figura 58 si sono formate per mezzo di queste erosioni.

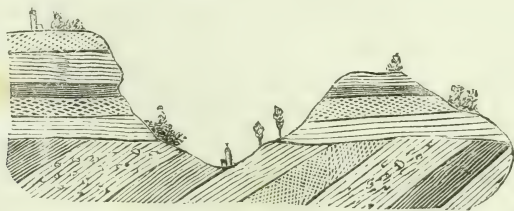



Fig. 58.

Avvenne spesso che le valli così formate siano state poi colmate da strati deposti orizzontalmente dalle acque dopo cessata l'erosione. In tal caso si trova la struttura rappresentata nella figura 59.

**89. Rocce ignee — Basaltiche.** — Quando le rocce stratificate sono così rotte e dislocate, che le rocce ignee sottoposte hanno

potuto farsi strada fino alla superficie del suolo, si trova che queste si possono classificare in diversi gruppi, secondo la loro composizione mineralogica, e che a questi gruppi corrispondono in generale diverse

Fig. 59.

epoche di emersione. I graniti, i porfidi, le serpentine e molte altre rocce analoghe sono, generalmente parlando, antiche; moderne sono invece le rocce basaltiche, che fanno, per così dire, un passaggio alle rocce vulcaniche attuali.

I basalti (dei quali anche l'Italia presenta bellissimi esempii nel Vicentino, nella zona vulcanica dal Monte Amiata a Roma, in Sicilia, ecc.) sono in generale neri o nerastri, compatti o cristallini, e contengono del pirosseno nero, del ferro magnetico, dei cristalli sparsi di peridoto verdognolo, e tavolta anche di felspato, a cui devono una specie di struttura porfirica (1).

**90. Varie forme assunte dai basalti.** — Dopo essere esciti dal seno della terra allo stato pastoso, e per effetto di un raffreddamento lentissimo, i basalti si sono spesso cristallizzati e divisi in prismi più o meno regolari. Gregorio Watt ha riprodotto artificialmente questo fenomeno naturale, fondendo molte libbre di basalte di Dudley, e lasciandole poi lentissimamente raffreddare; egli ottenne varie masse tondeggianti, le quali, gradatamente ingrandendo e comprimendosi a vicenda, finirono col formare dei prismi regolari, similissimi in tutto ai naturali.

In alcuni luoghi il basalte forma vaste piattaforme di considerevole spessore, in altri costituisce strati di breve estensione, punte di montagne più o meno distanti fra loro e allo stesso livello, così che sembrano esser state unite in altri tempi, ed esser state in appresso staccate e corrose, in conseguenza delle dislocazioni che diedero origine alle stesse montagne. Qualche volta ne sono composte montagne isolate in mezzo a vaste pianure; più frequenti sono le vene basaltiche, che tagliano in varie direzioni le altre rocce, a somiglianza dei

(1) Ben note sono a chi si occupa di belle arti le statue di basalte nero e durissimo, che si sono trovate nelle antiche città romane, in Egitto, nella Nubia, ecc.

*Nota del Traduttore.*

filoni metalliferi e delle vene di altri minerali; e si trovano anche dei basalti, che formano delle serie di colline e prominenze disposte in fila, come se fossero le sommità sporgenti di ammassi nascosti sotterra.

Quando le rocce basaltiche costituiscono delle terrazze, ossia dei depositi di qualche spessore e distesi orizzontalmente, la parte superiore è di solito composta di materia porosa, cellulare, simile a scorie, divisa irregolarmente, e terminata superiormente con una superficie piana e orizzontale. Quando parecchii di tali depositi sono l' uno all' altro sovrapposti, sono divisi da altrettanti straterelli di materia polverosa e scoriacea, simile alle ceneri e ai lapilli dei vulcani attuali.

**91. Diffusione dei basalti sulla superficie terrestre.** — I depositi basaltici sono diffusi sulla superficie terrestre più delle rocce vulcaniche, e non sono, come queste, limitati a particolari centri d' azione, ma sono sparsi sopra regioni più estese, e disposti in modo, da farli credere prodotti dal frequente rompersi della crosta solida terrestre, e dall'escire delle materie basaltiche liquefatte o pastose, al modo delle lave attuali.

Nelle isole Britanniche i basalti sono molto copiosi, specialmente nel nord dell' Irlanda e della Scozia. In Francia si trovano dalla parte settentrionale dell'Alvernia fino a Montpellier ed anche a Tolano. Sulle rive del Reno si estendono dalle Ardenne fino a Cassel, e di là si continuano verso levante nella Sassonia, nella Boemia e nei paesi circostanti. Prevalgono in gran parte dell' Islanda; furono veduti anche nelle isole delle Indie occidentali, a Sant' Elena, nell'isola dell'Ascensione, e in molte isole dell' Oceano australe (1).

**92. Struttura colonnare o prismatica. — Strada dei giganti.** — La tendenza delle rocce basaltiche a prendere la struttura prismatica o colonnare ha eccitata l' attenzione di tutti i viaggiatori. In alcuni luoghi tutti i prismi convergono alla sommità di una montagna, così che questa presenta, diremmo quasi, l'aspetto di un covone di frumento esposto al sole. In altri formano vere colonne angolose verticali, col più pittoresco aspetto. In altri ancora, queste colonne, troncate tutte alla stessa altezza, formano una specie di pavimento a mosaico. La celebre *strada dei Giganti* nel nord dell' Irlanda, ne è l'esempio più famoso.

**93. Pavimento basaltico del Vivarese.** — Altri esempii simili si trovano in diverse parti d' Europa, e specialmente nel Vi-

(1) In Italia, come si è già veduto, abbondano specialmente nel Vicentino, nella zona vulcanica dal Monte Amiata ai monti Albani, in Sicilia e nelle isole Lipari.

*Nota del Traduttore.*

varese, nel dipartimento dell'Ardèche in Francia. Una rimarchevole serie di pavimenti basaltici orna ambedue le rive del fiume Volante fra Vals e Entraignes. La figura 64 ne dà un'idea. La colonnata di Chenavari presso Rochemaure (figura 60) e le dicchie (1) presso la stessa località (figura 61) possono servire come altri esempii delle forme basaltiche.

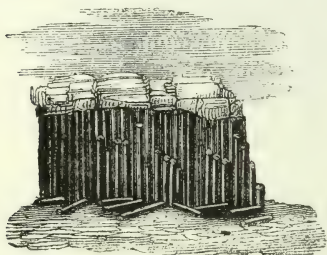



Fig. 60. *Rapporto dei basalti prismatici coi basalti porosi.*

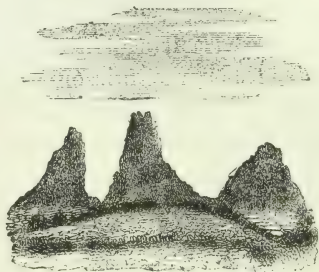



Fig. 61. *Collinette isolate nella direzione d'un filone.*

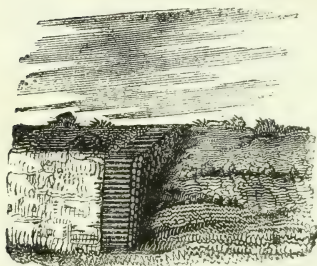



Fig. 62. *Filone di basalte prismatico.*

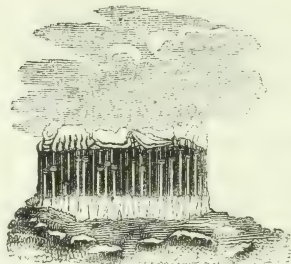



Fig. 63. *Basalti che penetrano nelle fessure sottoposte.*

**94. Vene e filoni di basalte.** — Le rocce basaltiche, colla stessa solita struttura prismatica, formano spesso dei filoni e delle vene, riempiendo delle fessure aperte attraverso ad ogni altra roccia. Esempii assai frequenti se ne trovano nel centro della Francia ed anche sulle rive dei Reno. In tal caso i prismi sono d'ordinario perpendicolari alle pareti della fessura: riescono quindi orizzontali quando il filone è in un piano verticale (figura 62).

**95. Terrazze basaltiche.** — Quando i basalti formano delle terrazze orizzontali (figura 63), i prismi sono verticali, e sotto ad essi

1) Quando un filone di roccia dura resiste alle corrosioni più chc la roccia adiacente, finisce collo sporgere più o meno dal snolo, a guisa di un muricciuolo: in tal caso forma ciò che i geologi chiamane *dicchia (dyke* ingl.*)* o *muriccio.*

*Nota del Traduttore*

si prolungano spesso delle appendici di basalte, le quali provano, che il basalte, espandendosi ancora liquido sul suolo, è disceso e penetrato nelle fessure in esso esistenti, le ha riempiute, e ne ha prese

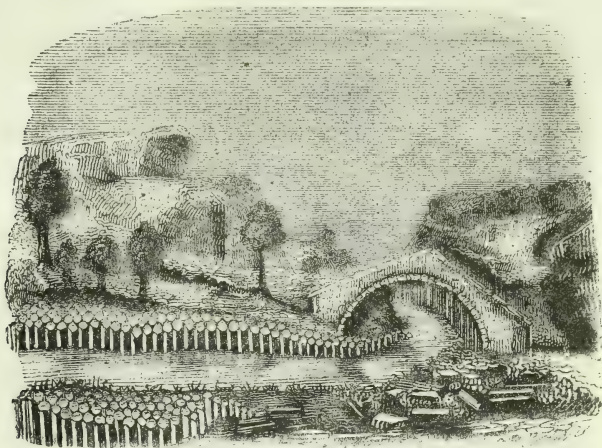



Fig. 64. *Rive basaltiche del Volant (Ardèche).*

tutte le forme. Le rocce in contatto col basalte si trovano calcinate o cotte fino ad una certa profondità, e gli avanzi vegetali in esse contenuti sono carbonizzate. Varii esempi di questi fatti si trovano sulle alture dell'altipiano di Mirabel nel Vivarese, discendendo verso S. Jean le Noir.

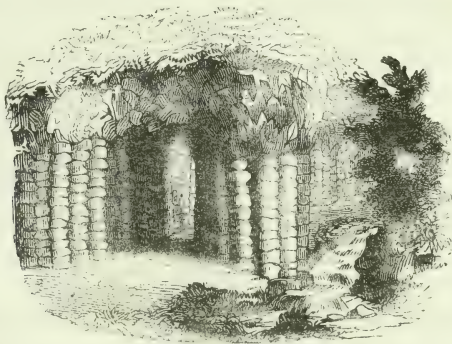



Fig. 65. *Grotta dei Formaggi a Bertrick-Baden.*

**96. Grotte basaltiche. — Grotta del Formaggio. — Grotta di Fingal.** — Grotte, caverne e gallerie sotterranee si trovano assai frequenti nei basalti e nelle rocce analoghe. Se ne vedono esempii nel Vivarese, e sulle rive del Reno presso Ber-

trich-Baden, fra Trèves e Coblenza, dove i prismi di basalte sono divisi in pezzi arrotondati e gli uni agli altri sovrapposti, in modo da simulare delle pile di formaggi; dal che venne appunto alla grotta il nome di *Käse-Grotte*, *grotta del formaggio* (figura 65). Ma molto più bella è la famosa grotta di Fingal, nell'isola di Staffa (figura 66).

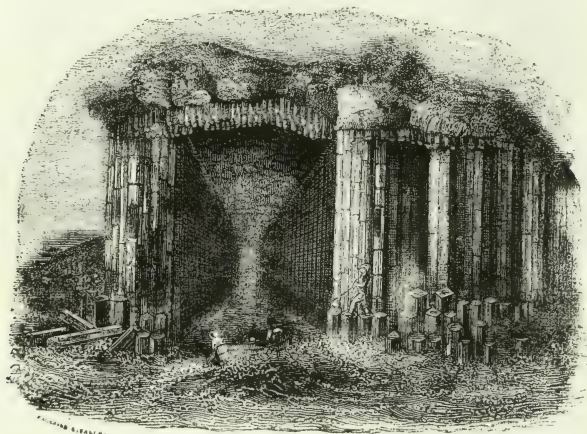



Fig. 66. *Grotta di Fingal, all' isola di Staffa.*

**97. Rocce trachitiche.** — Un altro gruppo di rocce recenti o poco antiche è quello delle rocce trachitiche, così dette dall'esserne tipo una roccia particolare, a cui fu dato il nome di *trachite*, di greca etimologia, a motivo della sua asprezza al tatto. Queste rocce formano il gruppo di vulcani estinti dell'Alvernia e delle regioni vicine; abbondano anche sulla riva destra del Reno e nei Siebengebirge; formano immensi gruppi montuosi in Ungheria e Transilvania, nel Caucaso, in Grecia, nelle isole Lipari, nella Campania (Napoli), nei monti Euganei (fra Padova e Vicenza), nelle Azorre, nelle Canarie, nell'America meridionale (in cui le più alte cime sono appunto formate di questa roccia), nell'Asia centrale e nelle isole dell'Asia orientale fino al Kamsciatka.

**98. Montagne trachitiche.** — Le rocce trachitiche non formano, come i basalti, soltanto terrazze, colline isolate, strette zone di ondulazioni e sottili banchi, ma ben anche alte montagne, generalmente disposte in ampii gruppi, con masse elevate, aspre e solcate da vallate profonde e da stretti burroni.

**99. Loro origine ignea.** — Tanto dei basalti, quanto delle rocce trachitiche è facilissima a verificarsi l'origine ignea, trovandosi

sempre che gli ammassi, le terrazze e tutti gli altri depositi, qualunque sia la loro forma, o sono o possono essere congiunti con filoni o vene, che attraversano ogni altra roccia, a guisa dei filoni e delle vene di lava, da cui sono attraversate tutte le parti dei vulcani attuali (figura 67).

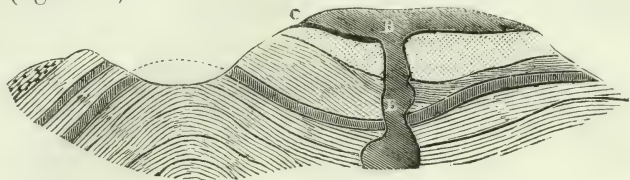



Fig 67.

**100. Teoria di Elia di Beaumont sull' origine delle catene montuose.** — La formazione dei continenti, dei mari, delle montagne, delle valli, delle vene e dei filoni fu ingeniosamente spiegata da Elia di Beaumont, come la naturale e necessaria conseguenza di un processo di raffreddamento di una massa globulare in istato di fusione.

A rendere intelligibile il ragionamento e la teoria di questo eminente geologo e naturalista supponiamo, che il globo sia stato in origine allo stato di fusione ignea, che in appresso abbia sofferto un graduale raffreddamento, e che, in conseguenza, di questo si sia formato sovr'esso una crosta solida. La contrazione del globo fuso racchiuso in questa crosta, per effetto dello stesso graduale raffreddamento, avrà prodotto uno spazio vuoto fra la crosta e la massa fusa. Supponiamo anche che nello stesso tempo la temperatura della superficie si sia abbassata fino a divenire inferiore a quella a cui l'acqua bolle e si trasforma in vapore: allora l'acqua, sparsa dapprima in vapore intorno al globo, non potendo più conservarsi in

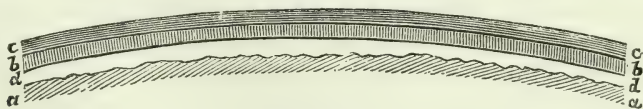



Fig. 68.

quello stato, si sarà condensata in goccioline, sarà caduta in forma di pioggia, ed avrà formato sulla superficie uniforme della crosta terrestre un oceano continuo, tutto di eguale profondità, e rivestente tutta la terra. Dello stato ora descritto sarà facile farsi un idea colla figura 68, in cui *a* rappresenta la superficie della massa fusa, *b* la crosta solida, *c* il mare continuo ed uniforme, e *d* lo spazio vuoto fra la massa fusa e la crosta.

Ma lo stato d'equilibrio così prodotto non avrà potuto continuare a lungo. La crosta terrestre, distaccata dalla massa fusa, non avrà potuto sostenersi da sè sola a guisa d' una vôlta e si sarà rotta in più luoghi, e i suoi pezzi saranno ricaduti sulla massa fluida in diverse posizioni, di cui potrà dare un'idea la figura 69. Così, per esempio,

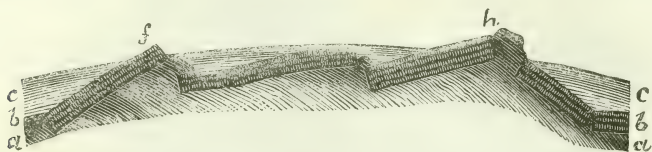



Fig. 69.

il pezzo *f*, essendosi disposto obliquamente, avrà avuto una porzione sporgente dall' acqua e l' altra immersa più profondamente di prima: avrà quindi formato una catena di montagne, molto più inclinata da una parte che dall' altra, alla guisa dei Pirenei e delle Ande. In altri luoghi, come in *h*, due pezzi avranno dato origine ad una catena montuosa coi due fianchi egualmente poco inclinati, e la materia fusa sottoposta avrà potuto sorgere fra i due pezzi, giungere alla superficie del suolo e formare la cima delle montagne, che sarà così riuscita composta di rocce ignee solidificate pel mezzo del raffreddamento. Ed altri pezzi ancora, come *e*, prendendo una posizione quasi orizzontale, avranno formato dei continenti piani quando si saranno elevati al di sopra del livello del mare, dei bassi fondi quando saranno rimasti sotto quel livello.

In questo modo possiamo interpretare nel loro senso più letterale la breve descrizione dell' origine dei continenti, che ci dà la Bibbia nelle seguenti parole: « Dio divise la terra ferma dalle acque, e vide che ciò bene stava ».

Queste dislocazioni della crosta terrestre non saranno avvenute una sola volta, ma si saranno di tempo in tempo riprodotte. E mano mano che la crosta terrestre sarà divenuta più grossa pel continuo raffreddarsi e consolidarsi delle parti superficiali della massa fusa, le sue rotture saranno state sempre più distanti l'una dall' altra, ma più grandi, a motivo appunto dello spessore sempre maggiore della crosta stessa; e insomma, si potrà compendiare tutta la storia del globo in una serie di convulsioni, nelle quali si sarà rotta in molte guise la crosta terrestre, nuove catene montuose e nuovi continenti saranno sorti dal seno delle acque, e sarà andata mano mano modificandosi la distribuzione delle terre e dei mari, in modo di dare in fine a tutta la superficie terrestre il suo aspetto attuale.

**101. Movimenti prodotti nel mare dalle convulsioni della terra.** — I movimenti che, per quanto abbiamo detto or ora, devono aver avuto luogo nella crosta terrestre, hanno dovuto produrre anche nelle acque del mare dei movimenti rapidi e tali, che se non ne fosse mai avvenuto alcuno nelle epoche storiche, noi saremmo ben lontani dal crederli possibili, tanta è la fede che abbiamo nella generale stabilità dei mari.

Ma di maremoti di questa specie si hanno degli esempi storici ben avverati, ed anche molto recenti. Il terremoto che nel 1838 non sollevò che di pochi metri il livello del Chilì, produsse tuttavia nel mare più scosse, che si propagarono fino all' enorme distanza di 4000 miglia, fino alle isole dell'Oceania. Il terremoto delle coste del Perù mandò in rovina tutte le città collocate sopra le coste stesse. Al momento della scossa, l'acqua dell'oceano, sollevata con violenza, si spinse sulla costa, traendo seco un'immensa quantità di sabbia e di ghiaia, e trasportando fino a quattro miglia entro terra molti bastimenti della più forte portata (1).

**102. Quali effetti possano esser stati prodotti dalle convulsioni terrestri nelle epoche geologiche.** — Se effetti così sorprendenti sono prodotti da movimenti della crosta terrestre capaci soltanto di sollevare il suolo a pochi piedi di altezza, immaginiamoci quali prodigiosi diluvii saranno stati prodotti da quei giganteschi movimenti, che hanno dato origine alle Alpi ed ai Pirenei, ed ancora più da quelli, da cui venne formata la catena delle Ande, della lunghezza di circa 3000 miglia.

Le conseguenze di questi movimenti devono essere state universali; ed altrettanto si deve dire dei danni straordinarii prodotti da questi spaventevoli diluvii, specialmente nel momento stesso delle dislocazioni della crosta terrestre, quando le acque si mossero repentinamente e con immensa velocità, trasportando seco, a guisa di tor-

(1) Altro esempio più recente. — Nel 23 dicembre 1854, la città di Jeddo nel Giappone fu scossa da un terremoto, ed a distruggerla in gran parte aiutarono anche le terribili ondate del mare, prodotte dallo stesso terremoto. Vi perì anche una fregata russa, la *Diana*, che era ancorata nella baia adiacente. Prima delle scosse il mare era affatto calmo, e così ritornò a poco a poco dopo le scosse, e dopo sette grandi onde, descrescenti in grandezza ed in forza dalla prima all'ultima. Le stesse onde si propagarono attraverso tutto l' Oceano Pacifico, arrivando in dodici ore e sedici minuti a San Francisco, in dodici ore e trentotto minuti a San Diego, con una velocità di 200 miglia al minuto secondo. In questi luoghi l'acqua non si sollevò più di due decimetri sul livello ordinario; questo sollevarsi dell'acqua si ripetè regolarmente sette volte, è andò diminuendo di volta in volta, mettendo ogni volta circa mezz' ora a prodursi e un'ora a ritornare allo stato ordinario. *(Nota del Trad.)*

renti, incalcolabili masse di materiali, che poi si deposero e formarono estesissimi sedimenti. Per effetto di ciascuna dislocazione generale della crosta terrestre, tutti gli animali terrestri allora viventi dovettero perire annegati, per lo spingersi improvviso delle acque del mare sulla terra, e tutti gli animali acquatici dovettero essi pure morire, per i materiali terrosi e ghiaiosi che le acque del mare portarono seco rientrando nel loro letto; e tutti questi animali dovettero poi rimanere sepolti in seno al mare, nei sedimenti deposti dalle acque dopo il loro ritorno alla consueta tranquillità. Ecco l'origine dei *fossili* e della loro distribuzione nei diversi terreni.

**103. Parallelismo delle catene montuose coetanee.** — Abbiamo veduto già prima come si possa scoprire l'età relativa delle catene montuose, ossia l'epoca della loro formazione, e come si provi esserci catene montuose di varie età differenti; ora è da sapersi ancora, che lo stesso Elia di Beaumont, a cui si deve la teoria dell'origine delle montagne generalmente adottata da tutti, ha trovato anche che *le rotture avvenute nelle diverse epoce ebbero luogo secondo differenti direzioni ben determinate, e che a ciascuna epoca corrisponde una direzione particolare*, così che per esempio, i Pirenei, una parte delle Alpi ed altre catene montuose sorte nella stessa epoca presentano tutte la stessa direzione, ed altrettanto si può dire delle catene più estese dell'Imalaia e delle Ande.

**104. Origine delle vene e dei filoni.** — Le dislocazioni avvenute nella crosta terrestre nei passati tempi hanno prodotto anche delle fessure e degli spacchi, nei quali la materia fusa sottogiacente ha potuto penetrare, solidificarsi e formare così delle vene e dei filoni di materie minerali, d'ordinario differenti da quelle della roccia che le contiene. Molte di queste fessure contengono materie terrose, come sono il carbonato di calce, il solfato di barite, il quarzo, e non presentano che un tenue interesse. Altre invece contengono materie metallifere, ed acquistano perciò molta importanza. Queste ultime sono più che altrove frequenti attraverso le rocce ignee e i terreni stratificati più antichi e giacenti sulle rocce ignee stesse.

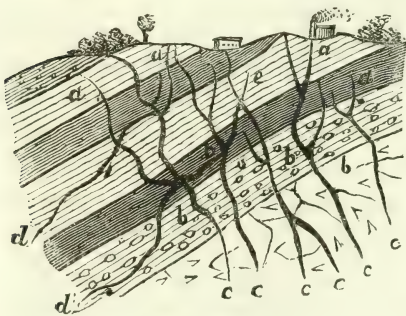



Fig. 70.

**105. Gruppi di vene e di filoni, e loro parallelismo.** — Le vene e i filoni sono di raro isolati. Più comunemente

sono in gran numero e insieme raggruppati, e quasi sempre paralleli fra loro quelli formati nella stessa epoca. La figura 70 mostra una sezione trasversale di uno di questi gruppi. La eguaglianza del loro contenuto dimostra la loro origine comune. Avviene spesso che due sistemi di vene si intersechino l'un l'altro, contengano due specie diverse di minerale, e siano quindi anche d'epoca differente.

È anche raro che una vena sia tutta piena di materia metallifera. Quasi sempre questa sostanza forma varii ammassi, *abcdefg*, fig. 71, più o meno estesi ed irregolari, e chiusi nel mezzo d'una materia pietrosa cristallina, che riempie tutta la vena. Lo spessore degli ammassi metalliferi varia nelle diverse parti della vena; in alcuni punti è molta, in altri pochissima, e in altri ancora la vena metallifera scompare affatto.

Fig. 71.

**106. Ammassi di sal gemma.** — Spesso si trovano sotterra, nell' interno delle rocce stratificate, certe cavità più o meno ampie, prodotte probabilmente dall'azione dissolvente delle acque sotterranee. Tali cavità sono quasi sempre riempite con altre sostanze, di natura affatto diversa da quella delle rocce circostanti. In tale stato s' incontrano i depositi di sal gemma (ossia di sal comune) nei terreni che dai geologi furono chiamati *calcare conchigliare* (*muschelkalk* dei Tedeschi) e *marne variegate*, fig. 73. Analoghi ammassi, di carbonato di zinco, esistono nella parte superiore dei terreni di transizione, e sono rappresentati dalla figura 72, in *c, c*.

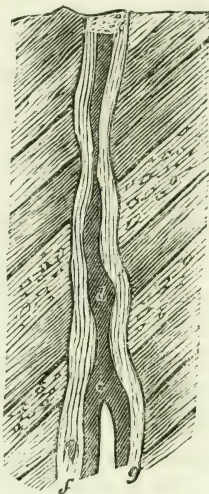
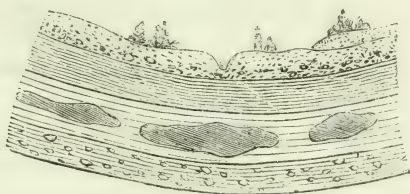



Fig. 72

## V.

## TERREMOTI ED ALTRI MOVIMENTI DEL SUOLO, I CUI EFFETTI SI PARAGONANO A MOLTI DEI FATTI DESCRITTI NEI CAPI PRECEDENTI.

**107. Le cause dei fenomeni attuali servono a spiegare i fenomeni avvenuti nelle epoche scorse.** — Dopo la memorabile rivoluzione prodotta da Bacone nello studio dei fenomeni fisici, fu universalmente ed adottata la massima di non ammettere per la spiegazione dei fenomeni naturali se non quelle cause, che hanno attualmente una reale esistenza, e che possono bastare a spiegare quei fenomeni. — In conseguenza di questa massima, i geologi sono invitati a provare che la temperatura più elevata nell'interno del globo, le dislocazioni del suolo, i depositi sedimentarii formati dalle acque, l'introduzione di materie fluide e pastose nelle fessure e nelle caverne, le corrosioni della crosta solida per opera dell'acqua, e le sue alterazioni per opera dell'atmosfera sono altrettanti fatti o fenomeni esistenti od attualmente in produzione, e tuttora capaci di effetti simili, se non per l'intensità, almeno per la qualità, a quelli prodotti nelle epoche scorse; e che quelle cause possono quindi essere ammesse anche per la spiegazione di quei fatti antichi, nello stesso modo che si adoperano a spiegare i fenomeni attuali.

Ora dunque, che abbiamo descritto in modo succinto i fatti più importanti avvenuti nelle epoche anteriori all'attuale, e che ne abbiamo date quelle spiegazioni che sono più generalmente ammesse dai geologi, vogliamo mostrare la realtà delle cause su cui queste spiegazioni sono fondate; vogliamo mostrare, cioè, che nell'epoca attuale avvengono fenomeni analoghi o simili a quelli più antichi, di cui si trovano le tracce nella crosta terrestre, cioè nei terreni disposti a strati, nei loro fossili, nelle loro dislocazioni, nelle rocce ignee interposte agli stessi terreni stratificati, nei filoni e nelle vene di tutte le specie, e in tutti gli altri fatti descritti nei precedenti capitoli di questo trattatello; e che se v'ha qualche differenza fra quei fenomeni antichi e i recenti, non consiste se non nella maggiore energia dei primi.

**108. Calore interno.** — In un trattatello particolare destinato al *calore terrestre* noi dimostreremo ampiamente che, cominciando dalla profondità di circa 24 metri, *la temperatura del suolo va crescendo*

*colla profondità*, così che ad una certa profondità, piccolissima in confronto del raggio terrestre, tutti i materiali costituenti la terra devono avere una temperatura incompatibile col loro stato solido, vale a dire devono essere in istato di fusione ignea; e che quindi la terra dev'essere formata da un immenso globo di materie fuse, coperto da una crosta sottilissima: sottilissima, s' intende, avendo riguardo alla sterminata massa delle materie fuse in essa contenute.

**109. Climi anteriori all' epoca attuale.** — Il calore della superficie della terra risulta dalla combinazione di questo calore interno e del calore fornito dal sole. Nello stato presente delle cose, gli effetti del secondo sulla superficie del suolo sono incomparabilmente più grandi di quelli del primo; ma è probabilissimo che nelle epoche più antiche, quando la crosta della terra era più sottile, l'influenza del calore interno sia stata più grande, e tanto più grande quanto più antica l'epoca e sottile la crosta; e che i climi di tutte le parti del globo siano quindi stati più caldi che adesso. Questa sarebbe tuttavia una pura ipotesi gratuita, se non venisse confermata dai fatti. E i geologi hanno trovato, che i fossili contenuti nei diversi terreni anteriori all'attuale, e specialmente in quelli più antichi, somigliano moltissimo agli animali e alle piante che in oggi vivono nei paesi caldi; e di più, che gli stessi fossili si ritrovano in molti paesi sotto latitudini diversissime; prova evidente dell'uniforme temperatura che avevano altre volte tutti i paesi, in conseguenza della maggiore influenza in allora esercitata dal calore interno sulla temperatura della superficie terrestre e dell' atmosfera. Si può dunque ammettere che nelle epoche anteriori all' attuale i climi siano stati più caldi degli attuali.

**110. Effetti dei terremoti.** — I piegamenti, le depressioni, le rotture e in generale le dislocazioni della crosta terrestre, di cui si trovano ora le tracce, hanno una chiara spiegazione negli effetti affatto simili, benchè in minore scala, dei moderni terremoti, dei quali ci occuperemo a lungo nel trattatello sui *terremoti* e sui *vulcani*, ma di cui daremo or qui una breve idea.

Gli effetti dei terremoti possono aver luogo sopra estensioni diversissime. Il terremoto dell'isola d'Ischia, del 2 Febbrajo 1828, non si sentì che debolissimo nel vicino continente italiano e nelle isole più vicine, mentre quello di Nuova Granada, del 17 Giugno 1826, esercitò la sua influenza sopra più migliaia di miglia quadrate. Il terremoto di Lisbona, del 1755, che sarà descritto completamente nel suindicato trattatello, si sentì in tutti i paesi circostanti, fino alla Lapponia, alla Martinica, alla Groenlandia ed all' Africa, dove

furono distrutte le città di Marocco, Fez e Mequinez. I suoi effetti si sentirono in tutta l'Europa nello stesso tempo.

**111. In Calabria.** — Queste convulsioni non soltanto distruggono intere città e i più solidi edifizii, ma alterano benanche considerevolmente il livello del suolo. — Quelli di Calabria del 1785, ne offrono degli esempii rimarchevoli; tanto più che furono descritti con tutte le loro circostanze e particolarità da varii uomini eminenti, quali sono Vicenzia, fisico del re di Napoli, Grimaldi, sir Guglielmo Hamilton, ed una commissione speciale dell'Accademia delle Scienze di Napoli. — Tutta la superficie del paese andò soggetta a convulsioni, si cangiò il corso di molti fiumi e torrenti, certe case furono portate più in alto del livello generale del suolo, altre si profondarono,

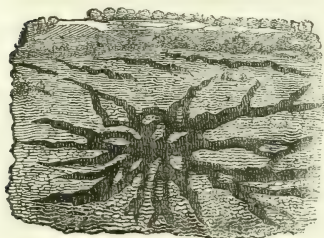
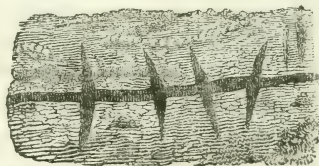
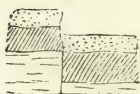
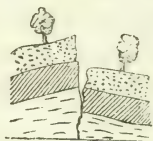
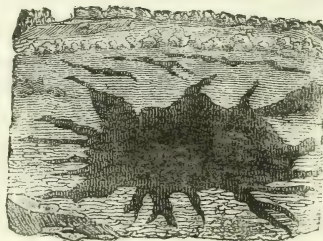



Fig. 73. Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76. Fig. 77. Fig. 78.

solidissimi edificii si spaccarono ed ebbero le loro parti portate a diversi livelli, le une nascoste nei crepacci del suolo, le altre sollevate in alto, in modo di rendere visibile sopra il suolo le fondamenta; nel suolo si apersero crepacci lunghi fin a cinque o sei cento piedi, alcuni rettilinei e semplici, altri biforcati; in certi luoghi i crepacci partirono da un centro a guisa di raggi (fig. 73); in altri furono intersecati da fessure minori (fig. 74). Di queste aperture, prodotte nel momento di una scossa, molte si richiusero poco dopo, repentinamente, per effetto di altre scosse, e schiacciarono fra le loro pareti tutto quanto avevano ingoiato; altre si richiusero a poco a poco o rimasero aperte per molto tempo, ora coi due margini ancora allo stesso livello,

ed ora no, come vien rappresentato dalle figure 75 e 76. In altri casi il suolo non s'aperse, e i due margini della spaccatura non si allontanarono, ma scorsero l'uno sull' altro come si vede nella figura 77. In altri casi ancora, la forza sotterranea non produsse crepacci, ma veri pozzi ed ampie cavità, foggiate a stella, simili a quella disegnata nella figura 78. Alcune di queste cavità furono assai grandi, ingoiarono estese piantagioni, e con questa si formarono il proprio fondo alla profondità di trecento o quattrocento piedi; e talvolta vi si raccolse dell'acqua e si formarono dei laghi più o meno grandi, senza emissarii, e capaci di dare origine ad enormi torrenti. In certi luoghi infine avvenne il contrario: scomparvero fiumi e laghi, e per il generale sconvolgimento del terreno non fu più possibile trovarne alcuna traccia.

**112. In Sicilia.** — Quei disastrosissimi effetti si limitarono sulla penisola italiana al tratto di paese fra Oppido e Soriano, ma se ne sentirono le conseguense anche sulle coste della vicina Sicilia, e specialmente a Messina, che fu distrutta per metà, insieme a ventinove villaggi e caseggiati circostanti. Il fondo del mare fu commosso, le rive furono spazzate dalle onde; tutto il fondo del suolo di Messina si inclinò verso il mare aperto, abbassandosi verso mezzogiorno di parecchii piedi; e il promontorio che ne difendeva l'entrata fu distrutto in un momento.

**113. Al Chilì.** — I terremoti che ebbero luogo sulle coste del Chilì negli anni 1822, 1835 e 1837 produssero effetti non meno rimarchevoli. Diverse parti delle coste da Valdivia a Valparaiso, sull'estensione di più che 200 leghe, furono manifestamente sollevate sul livello del mare, così come varie isole vicine, fino a quelle di Juan Fernandez. Il fondo del mare, fu smosso fino a una distanza considerevole, e nello stesso tempo varie rocce lungo le coste, che dapprima erano sott'acqua, s'innalzarono otto o dieci piedi sopra il livello del mare, e si trovarono coperte dalle conchiglie che vi si erano attaccate prima. Alcuni fiumi che sboccano in mare in diversi luoghi delle coste, e che erano navigabili per bastimenti di piccola portata, divennero guadabili. In mare, molti ancoraggi ben noti diminuirono di profondità; e molti luoghi, su cui dapprima i bastimenti passavano senza averne alcun danno, si trasformarono in secche e scogli o in bassifondi inaccessibili, o su cui non possono passare se non piccoli battelli.

**114. In India.** — Analoghi sono pure gli effetti dei terremoti avvenuti in India, nel 1819. Si sollevò una collina lunga sessanta miglia e larga diciotto, diretta da sud-est a nord-ovest, nel mezzo

d'una estesissima pianura, in modo da arrestare il corso del fiume Indo. Più al sud e in una direzione parallela il suolo si abbassò alquanto, e con esso la città e il forte di Sindoé, che rimase tuttavia in piedi, ma sommerso nell'acqua ivi raccolta. La bocca orientale del fiume stesso si fece più profonda in alcuni luoghi, e alquante parti del suo alveo cessarono di essere guadabili.

**115. In ogni altro luogo e tempo.** — Nelle storie di tutte le epoche e di tutti i paesi sono raccontati e descritti simili effetti di terremoti. Sempre si formarono larghi crepacci nel suolo, si aprirono profonde voragini, che ingoiarono città ed anche intere provincie. Da queste aperture uscirono vapori mefitici, enormi quantità d'acqua, e talvolta anche fiamme. Vi furono pianure trasformate improvvisamente in montagne, scogli sorti dai mari più profondi, montagne rotte e distrutte, ed estese contrade montuose, di più centinaia di miglia d'estensione, subitamente ridotte in pianure orizzontali od anche in bacini di laghi. I fiumi ebbero mutati gli alvei o scaricate le acque in cavità formate in un momento. Alcuni laghi ebbero rotte le sponde, disperse le acque per le campagne circostanti, o assorbite da cavità sotterranee, ed asciutto il fondo; altri all'incontro si formarono in un istante, da numerose sorgenti, da pozzi artesiani naturali, da canali sotterranei comunicanti con altre raccolte d'acqua. Comparvero nuove sorgenti termali o minerali, e quelle già esistenti cambiarono di temperatura o di ricchezza, od anche cessarono affatto.

Tutti questi ed altri fenomeni analoghi dimostrano l'esistenza di interne convulsioni, colle quali la materia interna rompe in molte guise la crosta superficiale della terra.

**116. Tradizioni. — Atlantide.** — Oltre ai fenomeni di questo genere, che sono descritti o ricordati dalle storie, altri ve n'ha, soltanto accennati dalle tradizioni.

Così, per esempio, Plinio riporta la tradizione che la Sicilia sia stata separata dall'Italia, Cipro dalla Siria, e l'Eubea dalla Beozia, per mezzo di terremoti. Secondo un'altra tradizione classica dovrebbe aver esistito un'isola detta Atlantide, ad occidente dello stretto di Gibilterra, e con una popolazione numerosa; i suoi principi avrebbero invaso l'Europa e l'Africa, ma sarebbero stati disfatti dagli Ateniesi e dai loro alleati; e i suoi abitanti sarebbero poi divenuti sempre più crudeli ed empii, e l'isola avrebbe provata la collera degli Dei, e si sarebbe sprofondata nel mare, in non più di un giorno e di una notte. Questa leggenda è data da Platone come cosa insegnata a Solone dai sacerdoti Egizii, e secondo tutte le ana-

logie non è impossibile, e fors' anche non è improbabile che sia vera, almeno in quella parte che risguarda l' esistenza antica di un' isola e la sua distruzione.

**117. Permanenza del livello del mare.** — Le coste invase dal mare, il fondo del mare rimasto asciutto presso le coste, gli scogli nuovamente comparsi, le variazioni nella profondità del mare e gli altri fatti analoghi sono fenomeni che volgarmente si credono dovuti a variazioni più o meno grandi nel livello del mare, ammettendosi che il suo innalzarsi produca le innondazioni, e il suo abbassarsi il disseccamento del fondo, lo sporgere degli scogli e il comparire di nuove secche e di bassi fondi. — Pensando alla solidità e all'apparente stabilità della terra ferma, come pure all'estrema mobilità dell'acqua, sembra a tutta prima assai naturale ed inevitabile l' ammettere quest' opinione sulla variazione del livello del mare. Ma apposite ricerche accuratissime hanno provato il contrario; che, cioè, la mobilità appartiene alla terra ferma e la permanenza al mare. Fu trovato che il livello del mare non ha mai cangiato dalle epoche storiche più antiche fino ad ora, e che le variazioni avvenute negli scogli, nelle spiaggie e nel fondo del mare sono tutte dovute a movimenti della crosta terrestre; e più specialmente, che la comparsa di nuovi scogli, di secche e di bassi fondi, e la maggiore altezza delle coste si devono al sollevarsi della crosta terrestre in quei luoghi, e le invasioni delle spiaggie e della terra ferma per opera del mare sono effetti dell' abbassarsi della terra ferma stessa fin sotto al livello normale del mare.

**118. Lentissimi movimenti della penisola scandinava.** — Questi cangiamenti di livello, osservati in distinte porzioni della crosta terrestre, avvennero ora subitamente e per opera di terremoti, ed ora con estrema lentezza, così che non si poterono riconoscere se non con osservazioni ripetute a lunghi intervalli di tempo.

Già in tempi antichi si osservò che in certe parti della Svezia appariva un po' cangiato il livello del mare, confrontato con punti ben definiti delle coste, ed anche che in alcuni luoghi si era abbassato e in altri innalzato. L'accademia d'Upsala cominciò nel 1731 una serie di osservazioni allo scopo di determinare la realtà di queste apparenti variazioni di livello, e di scoprire se fossero dovuti a movimenti della terra ferma od a movimenti del mare. Si fecero quindi dei segni sulle rocce delle scogliere, in modo d'indicare il vero livello del mare in quell'anno, e dopo alcuni anni si trovarono a parecchi pollici sopra lo stesso livello del mare, e se ne dedusse che il mare

Baltico si era abbassato, ed aveva così lasciato in secco una piccola porzione del suo fondo. Negli anni successivi queste osservazioni furono ripetute, continuate e moltiplicate, e ne risultò il fatto generale, che tutte quelle apparenti variazioni di livello del mare sono dovute a reali movimenti della terra ferma, e non a variazioni nel livello del mare Baltico, che è sempre costante. Si trovò che l'apparente depressione del livello del mare non è dappertutto la stessa, e che in qualche luogo il mare sembra invece innalzarsi; così che in certi luoghi l'apparente depressione del mare è di parecchi pollici, in altri non eccede una frazione di pollice, e in altri ancora, come per esempio presso Cristiania, il livello del mare sembra invece innalzarsi. E la conclusione di tutte queste osservazioni si è, che l'apparente cangiamento del livello del mare deriva da un lentissimo movimento d'altalena che ha il suolo della penisola scandinava, per cui alcuni luoghi s'innalzano ed altri s'abbassano; e in particolare, che in Finlandia e in una gran parte della Svezia il suolo va gradatamente innalzandosi senza alcuna percettibile scossa, mentre le parti meridionali della penisola vanno nello stesso modo mano mano abbassandosi.

**119. Lenti movimenti della Groenlandia e dell'Arcipelago Indiano.** — Fenomeni d'innalzamento e di depressione analoghi a quelli della Scandinavia avvengono anche in altri paesi. Così, per esempio, il suolo della Groenlandia occidentale va da quattro secoli continuamente abbassandosi sopra un'estensione di 600 miglia da Nord a Sud. Sulle sue spiaggie si trovano delle ruine antiche, di edifizii che in altri tempi furono costruiti in secco, e che sono andati gradatamene sommergendosi in mare; e fu necessario portare sempre più entro terra varii stabilimenti costruiti sulle coste, in conseguenza del continuo avanzarsi del mare sulla terra ferma.

Un abbassamento affatto simile ha luogo in certe isole dell'Arcipelago Indiano e dell'Oceania.

**120. Generale abbassamento dell'America meridionale.** — Dalle osservazioni di Boussingault e di Humboldt, separate da un intervallo di trent'anni, sembra provato che l'intero continente dell'America meridionale si abbassi gradatamente, e che se questo abbassarsi avesse a durar sempre, giungerebbe un tempo, in cui tutte le parti piane del continente rimarrebbero sommerse. Le osservazioni ora citate provano almeno, che l'altezza delle Ande all'epoca in cui le misurò Boussingault era minore di quella trovata trent'anni prima da Humboldt; e questo risultato è confermato anche dal fatto, che in questo frattempo la linea delle nevi perpetue si è al-

quanto innalzata, così che i paesi di pianura ne riescono più distanti che prima.

**121. Foreste sottomarine dell' America.** — Interessantissimo e singolarissimo fatto relativo ai movimenti del suolo è quello delle foreste sottomarine, che si trovano lungo certe coste occidentali dell' America settentrionale, ancora cogli alberi nella loro posizione naturale. L'intero tratto di paese che sta fra le Montagne Rocciose, e l'Oceano Pacifico, dall'isola della regina Carlotta fino alla California, presenta una vasta contrada tutta di formazione vulcanica: frequentissimi vi sono i basalti colonnari, i basalti informi, le vene, le dicchie e i crateri di vulcani estinti. Sopra una grande scala vi si osservano le elevazioni e le dislocazioni degli strati; e gli strati alternanti di basalte, di amiddaloide, di trappo e di breccia vulcanica provano l' alternanza delle azioni ignee ed acquee. A poca distanza dalla cascata del fiume Colombia, e di là verso il mare, fino alla distanza di venti miglia, si vedono alberi in piedi e nella loro posizione naturale, in luoghi ove l' acqua ha fino a venti o trenta piedi di profondità. In alcuni luoghi sono così numerosi che è necessario aprirsi la strada coll'accetta. L'acqua del fiume è così limpida, che si vede distintamente la posizione delle piante, e si può agevolmente constatare che non è punto diversa da quella che le piante dovevano aver prima della sommersione di tutta la contrada. Il che prova il modo tranquillo con cui deve essere avvenuta questa sommersione (1).

Fig. 79. — *Rovine del tempio di Giove Serapide a Pozzuoli, presso Napoli.*

**122. Tempio di Giove Serapide a Pozzuoli, presso Napoli.** — Un altro interessantissimo esempio del lento muoversi della crosta terrestre, ed anzi attissimo a dimostrarne l' alternativo alzarsi ed abbassarsi, è presentato dal suolo su cui sorgono le rovine del tempio di Giove Serapide a Pozzuoli presso Napoli (fig 79). — Queste rovine stanno sulla costa settentrionale del seno di Baia, a poca distanza dalla Solfatara, e consistono in un largo spazio quadrangolare, largo 70 piedi, con colonne ed avanzi di pavimenti,

(1) Giornale d'un viaggio d' esplorazione nelle Montagne Rocciose, del Reverendo Samuele Parker, Nuova Yorck, 1838.

di muri, di acquedotti, ecc. Il pavimento portava in altri tempi 46 colonne, 24 delle quali di granito e 22 di marmo, tutte monolitiche, cioè d'un sol pezzo. Adesso quasi tutte sono rotte e i loro frammenti giacciono sul pavimento; tre sole rimangono in piedi, nella loro posizione primitiva, hanno la base sul pavimento, al livello del mare, e l'altezza di 42 piedi. La loro superficie è liscia e regolarissima fino a 12 piedi sopra la base, là comincia una zona alta 9 piedi, tutta sparsa di perforazioni identiche a quelle fatte da una conchiglia marina detta *Modiola lithophaga,* e sopra questa zona, all'altezza di 21 piedi dalla base, cessano le perforazioni e tutta la rimanente superficie della colonna ritorna liscia e regolare come nella parte inferiore. Le dette cavità sono elittiche; molte contengono conchiglie, sabbia ed avanzi d'animaletti microscopici; e sono così profonde e numerose, da non potersi mettere in dubbio la loro formazione sottomarina, per opera di conchiglie e durante un tempo assai lungo. La parte inferiore della colonna, che non ne mostra alcuna, deve esser stata difesa contro l'azione perforante delle conchiglie, per tutto il tempo in cui rimase sommersa, dall'accumularsi di detriti e di sabbia; e la parte superiore non fu neppure essa perforata, perchè dev'essere sempre rimasta fuori dell'acqua. Le colonne devono dunque esser state sommerse nell'acqua fino al limite superiore della zona perforata. Il pavimento del tempio è circa un piede più basso dell'alta marea; e il mare, che non dista più di quaranta metri, lo copre ora più, ora meno, e si insinua nei condotti sotterranei.

È ovvio il dedurre da questi fatti, che il fondo su cui sorge il tempio andò soggetto più d'una volta a variazioni di livello, ora abbassandosi ed ora sollevandosi. Quando il tempio fu costrutto, si dovette necessariamente fondarlo in un luogo asciutto e un po' discosto dalla spiaggia; più tardi si è abbassato lentamente una ventina di piedi, in modo da sommergere le colonne fino al limite superiore della zona perforata; rimase così affondato tanto tempo da permettere alle conchiglie di fare tutte quelle perforazioni; poi cominciò ad alzarsi fino al punto in cui si trova oggidì, e non è per anco ritornato al primitivo livello.

**123. Ricerche storiche del professore Forbes intorno al tempio di Serapide.** — Dalle ricerche del professore Forbes intorno a questo soggetto risulta che la storia conferma quanto è indicato dai fatti or ora descritti. — Dalle iscrizioni che ricordano gli abbellimenti fatti a questo tempio da Settimio Severo (193-211 anni dopo Cristo) e da Marco Aurelio (161-180, dopo Cristo) si deduce, che il tempio era terminato e il suo pavimento era ad un

livello normale alla fine del secondo e al principio del terzo secolo. Nell'anno 1198, all'epoca di un'eruzione della solfatara, il tempio si è abbassato insieme con gran parte della costa, in modo da sommergere le colonne fino al punto già sopra indicato. Sembra che sia rimasto in quello stato fino al principio del decimo sesto secolo, poichè nel 1530 la Starza, ossia la bassa regione in cui si trova il tempio, è descritta dagli autori contemporanei come coperta dal mare. Otto anni dopo, tutte le coste del Napoletano furono scosse da frequenti e violenti terremoti, e nel 29 di settembre 1538 si formò improvvisamente un monte vulcanico, il monte Nuovo, a poca distanza da Pozzuoli. Durante questa catastrofe le coste settentrionali del seno di Baia si innalzarono venti piedi, sopra un'estensione di 600 piedi, nel mezzo della quale « quelle solitarie colonne si ergono sublimi, gittando dall'alto le loro ombre, simili a gnomoni, che il tempo incantatore avesse eretti per contare i suoi secoli (1) ».

Questo movimento ascensivo non deve esser stato molto rapido o violento, ma così moderato da lasciar in piedi nella loro posizione originaria le tre colonne sin'ora descritte. — Nulla sanno gli archeologi da quell'anno fino al 1750, nel quale tutto il luogo fu liberato dalla terra e dalla sabbia che l'ingombravano e avevano difesa la parte inferiore delle colonne dagli attacchi delle conchiglie perforanti. Da trenta o quarant'anni sembra che il suolo abbia ricominciato ad abbassarsi, in modo da riescire nuovamente sommerso il pavimento (2).

(1) "Those lonely columns stand sublime,
Flinging their shadows from on high,
Like dials, which the wizard Time
Had raised to count his ages by!"—Moore.

(2) Vedasi uno scritto del professore Forbes su questo argomento nel *Giornale della Scienza* (*Journal of Science*) di Brewster, volume 1°. della seconda serie; ed anche una lettera diretta da Hulmande a Mantell, e da questi pubblicata nelle *Meraviglie della Geologia*, vol. 1°. pag. 458. *(Nota dell'Autore)*

Nel 1787, quando Göthe visitò queste rovine, le colonne erano interamente in asciutto. Le osservazioni del Nicolini provano poi che dal 1838 al 1845 il suolo s'abbassò di tre centimetri all'anno; e quelle del prof. Scacchi che questo abbassamento durò fino al 1852, e che d'allora in poi il suolo ritorna ad alzarsi.

Altri esempii di movimenti del suolo. — L'Isola di Candia si è sollevata di 5 metri all'estremità occidentale, e si è abbassata di 9 metri all'estremità meridionale; e certe costruzioni degli antichi porti greci si vedono in asciutto e forati dalle conchiglie come le colonne del tempio di Serapide. — Nel 1855, dopo i terremoti, un'estensione di 460 miglia quadrate nella Nuova Zelanda s'innalzò 5 metri, ed altre parti della stessa isola si abassarono invece più d'un metro e mezzo.

(*Nota del Trad.*)

**124. Tradizione di una città sommersa sotto il lago Neagh.** — Non sappiamo se la tradizione irlandese riprodotta così bene in alcuni versi di Moore sia stata verificata con mezzi scientifici da dotti osservatori; ma, se così fosse, il lago Neagh (nel nord-ovest dell'Irlanda) sarebbe il risultato d'un avvallamento del suolo, antichissimo sì, ma spettante all'epoca geologica attuale.

« Quando il pescatore erra sui banchi di Lough Neagh, allorchè la serena e fredda notte è sul declinare, egli scorge le rotonde torri di altre età apparire nell'onde sotto a'suoi piedi! Così la memoria sovente in sogni sublimi coglie un lampo dei giorni che furono; così, sospirando, ella mira attraverso le onde del tempo le già consunte glorie che queste ricoprono! (1) »

**125. Conclusione.** — È dunque provato, che la crosta terrestre, ben lungi dall'avere quella stabilità e immobilità di cui ci pare fornita, è soggetta invece ad incessanti movimenti, ora lenti ed insensibili, ora improvvisi e disastrosi, di sollevamento e di abbassamento. E da questo dobbiamo dedurre, che è dotata anche d'un certo grado di elasticità; giacchè altrimenti non potrebbero nello stesso tempo alcune parti star ferme, altre sollevarsi, altre abbassarsi, altre scuotersi in diversi modi, ora con lentezza ed ora rapidamente.

I fenomeni finora descritti in questo e nel capitolo precedente cessano di destare la nostra meraviglia allorchè pensiamo all'enorme sproporzione, che v'ha fra lo spessore della crosta solida del globo e la massa della materia in istato di fusione ignea che le è sottoposta; la crosta del globo essendo relativamente a questa massa fusa ciò che è un foglio di carta sopra un'arancia, non è una cosa sorprendente che si debba rompere, e che le sue parti si possano smuovere e scuotere sotto l'azione della materia fusa sottoposta o dei gas da essa sviluppati. È poi naturale il pensare, che nei tempi più antichi, quando la crosta solida era più sottile, debbano essere state più frequenti le rotture e i movimenti delle parti disgiunte, anche per l'azione di forze eguali ed inferiori in potenza a quelle che sono attualmente in opera; e di queste rotture più frequenti, come delle dislocazioni

(1) « On Lough Neagh's banks as the fisherman strays,
When the clear cold eve's declinig,
He sees the round towers of other days
In the wave beneath him shining!

Thus shall memory, often, in dreams sublime,
Catch a glimpse of the days that are over;
Thus, sighing, look through the waves of time
For the long faded glories they cover!"—Moore.

più considerevoli, troviamo evidentemente le tracce negli strati contorti, sollevati, capovolti, rotti e attraversati da vene, da filoni e da ammassi di rocce ignee. Ed ecco come lo studio dei fenomeni attuali si collega con quello dei fatti antichi, servendo quelli alla spiegazione di questi, e questi a dare un'idea di ciò che avverrebbe della crosta terrestre, se gli agenti attuali operassero tuttora con tutta quella forza, che hanno spiegata nelle più antiche epoche geologiche.

Lo studio dei terremoti e degli altri movimenti del suolo ci conduce naturalmente a quello dei vulcani e dei loro effetti.

## VI.

## FENOMENI VULCANICI.

**126. In che consistano in generale.** — Quando la crosta terrestre si sia rotta in uno dei modi descritti nel capitolo precedente, può avvenire che si apra una comunicazione tra la massa fusa interna e l'atmosfera, e che il peso della crosta stessa, o la pressione di gas o vapori sotterranei, cacci fuori con una forza più o meno grande, in uno o in altro modo, una porzione delle materie fuse.

Talvolta le materie proiettate dai gas o dai vapori sotterranei non sono altro che pezzi più o meno grandi della stessa crosta solida, lanciati anche a grandi distanze dall'apertura. Ma più spesso escono anche le materie fuse, ora allo stato pastoso, ora affatto liquide, ora soltanto incandescenti, ed ora già solidificate e trasformate in vere scorie e pomici; ora sono lanciate a distanza a guisa di bombe, ed ora sgorgano e scorrono a guisa di torrenti, giù per la china dei monti, o si raccolgono in vasti laghi infuocati, di maggiore o minore profondità.

Questi fenomeni vulcanici saranno descritti più estesamente in un trattatello particolare sui terremoti e sui vulcani, ma per la loro connessione coi fenomeni passati e con tutti gli altri fatti studiati dai geologi, non possiamo lasciare di darne qui un'idea sommaria.

**127. Recente eruzione nelle Azorre.** — Nel maggio del 1808, nell'isola di San Giorgio, una delle Azorre, nel mezzo d'una aperta pianura coltivata si sollevò improvvisamente il suolo e si aperse in più luoghi con un rumore spaventoso. Si formò nel suo mezzo una vasta cavità dell'area di circa trenta acri, e circondata fino alla distanza di tre miglia da dodici a quindici crateri minori.

Un' enorme quantità di materia scoriacea e pomicea, proiettata da questo cratere principale, coprì il suolo circostante di uno strato alto quattro piedi, largo tre miglia e lungo dodici. E parecchii torrenti di materia fusa, sgorgati dallo stesso cratere, continuarono a correre al mare per più di tre settimane.

**128. Formazione del Monte Nuovo.** — Analoghi fenomeni presentò la formazione del Monte Nuovo, sulle coste del seno di Baia presso Napoli, nel 1538. Già da due anni violenti terremoti andavano scuotendo il paese, quando improvvisamente, nella notte dal 27 al 28 di settembre del 1538, crebbe al punto da produrre un incessante e tumultuoso movimento del suolo e del mare, e così durò parecchi giorni e parecchie notti. La pianura fra il Lago di Averno, il Monte Barbaro e il mare, si sollevò alquanto, si aperse in più crepacci, e vomitò per sette giorni, con un fracasso prodigioso e con fiamme, un' immensa quantità di pomici e di cenere, così che ne risultò formata una montagna conica, un vero vulcano in miniatura, colla sua cavità imbutiforme (cratere) alla sommità, che però d'allora in poi rimase sempre nella più perfetta tranquillità.

**129. Vulcani delle Ande.** — Quasi tutta la gigantesca catena montuosa che percorre l'America dal Mar Glaciale Artico fino alla Terra del Fuoco, fu ed in alcune parti è ancora il teatro di fenomeni vulcanici. Il Pichincha (che gli Spagnuoli pronunciano Picincia), il Cotopaxi e il Tunquragua sono fra i più elevati monti della catena e nello stesso tempo i più elevati vulcani, contenendo altrettanti canali di comunicazione fra l'interno del globo e l'esterno. Riuniti in gruppi qua e là nelle diverse parti della catena montuosa, quei vulcani americani presentano l'aspetto più sublime e pittoresco, quasi tutti covando nel loro interno il fuoco, ed essendo tuttavia coperti d'un bianco mantello di nevi perpetue. I loro canali interni comunicano certamente fra loro per vie sotterranee e profonde, e rammentano così l'antica e pur giusta sentenza di Seneca, che i crateri non sono altro se non le aperture e gli sfoghi delle forze vulcaniche profondamente nascoste sotterra.

**130. Vulcani del Messico.** — La stessa connessione sembra esistere fra i vulcani del Messico, l' Orizaba, il Popocatapetl, l' Jorullo e il Colima, giacchè sono tutti disposti sopra una sola linea, da oriente a occidente, da un mare all'altro, in direzione trasversale a quella dei precedenti.

**131. Formazione del vulcano Jorullo.** — Questo vulcano di nuova formazione s'innalzò ai 29 di settembre del 1759, fra i paralleli 18° 59′ e 19° 12′ di latitudine boreale, in esatta linea coi

vulcani preesistenti, e quindi, dice l' Humboldt nel suo *Cosmos*, sulla stessa fessura della crosta terrestre. Le circostanze della sua formazione sono così rimarchevoli, che crediamo bene di qui riferirle con alcuni particolari.

V' era un estesa pianura, detta il *Malpays*, coperta da ricchi campi di cotone, di canna da zuccaro e d' indaco, irrigata da acque perenni, limitata da montagne basaltiche, e lontana almeno ottanta miglia dal più vicino vulcano. Tutto il territorio, collocato all' altezza di circa 2600 piedi sul livello del mare, era celebre per la sua bellezza e fertilità. Nel giugno 1759 cominciarono a farsi sentire dei rumori sotterranei, bentosto accompagnati da frequenti terremoti, che andarono succedendosi per parecchie settimane, con grande costernazione di tutti gli abitanti. Nel settembre sembrava ristabilita la tranquillità, quando, nella notte del 28, ricominciarono più forti i rumori sotterranei, ed una parte della pianura, larga tre a quattro miglia, prese a gonfiarsi a guisa di un liquido vischioso, formando una specie di vescica o di cupola, dell' altezza di circa 1700 piedi. Ne escirono fiamme, frammenti di pietre arroventate, che furono lanciate a prodigiosa distanza, e, ad onta d'una densa pioggia di cenere, tutto quel tratto di paese, illuminato dal fuoco del nuovo vulcano, presentò l' aspetto d' un mare agitato. Apparve poi subitamente un enorme

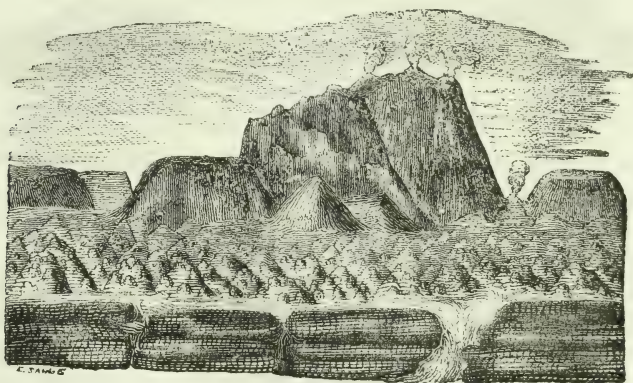



Fig. 81. *Vulcano Jorullo.*

cono, alto 500 piedi e circondato da quattro bocche coniche minori e da più migliaia di piccoli coni, chiamati dai nativi *hornitos*, ossia *stufe*, sorti dal suolo rigonfio del paese circostante. Questo suolo consisteva in argilla mista con basalte decomposto, e ciascun cono era un *fumaiolo*, cioè dava un getto di vapore e di gas. Il cono centrale

dell' Jorullo si ruppe ben tosto, e ne escirono immense quantità di lave scoriacee e basaltiche, contenenti dei frammenti di rocce primitive. Da quel suolo argilloso sparso di fumaioli sorsero benanche due corsi d'acqua, a 82° cent., e cominciarono a scorrere per la pianura circostante. Ed a motivo dell' intenso calore che quei luoghi conservarono per parecchi anni, rimasero per tutto quel tempo inabitabili.

**132. Storia del Vesuvio.** — Sembra che il cono del Vesuvio non abbia un' origine molto differente da quella dell' Jorullo e del Monte Nuovo.

Nella descrizione che ci ha lasciato Strabone del Vesuvio non trovasi fatta alcuna menzione del gran cono, che forma attualmente il *Vesuvio* propriamente detto, e che è circondato dal monte fatto a semicerchio e chiamato *Monte Somma*. I fianchi del monte, dice Strabone, sono regioni fertilissime; la sua sommità è troncata, interamente sterile, ed ha l' aspetto d' un luogo vulcanico e in particolare d' un cratere, a motivo delle cavità, dei crepacci e delle pietre calcinate, che presenta in ogni sua parte. Sembra dunque, che il cono del Vesuvio propriamente detto, le cui rocce sono affatto diverse da quelle del Monte Somma, siasi formato in tempi posteriori a Strabone, e che in quei tempi non abbia esistito se non il Monte Somma (fig. 82). È pure assai probabile che quel gran cono si sia

Fig. 82. *Vesuvio ai tempi di Strabone.*

Fig. 83. *Vesuvio attuale.*

formato durante la famosa eruzione dell'anno 76 dopo Cristo, così ben descritta da Plinio il giovane in una lettera, in cui narra la morte di suo zio Plinio il vecchio, avvenuta appunto in conseguenza di quell'eruzione. Il fatto che Ercolano e Pompei rimasero sepolti durante quell' eruzione sotto enormi valanghe di pomici, di ceneri e di frammenti di lave e scorie, e non già, come comunemente si crede, sotto una corrente di lava infuocata, rende ancora più probabile che il Vesuvio si sia formato in quell' eruzione; cioè che la distruzione di gran parte del Monte Somma abbia dato origine a quell'enorme quantità di detriti che seppellì le due città, e che le materie eruttate dal riaperto vulcano, accumulandosi intorno al cratere, abbiano formato il gran cono del Vesuvio.

**133. Vulcano di Kirauea nell' isola Havaii od Owhihee, nell'arcipelago Sandwich.** — Il vulcano di Kirauea, in Havaii, una delle isole Sandwich, meglio conosciuta sotto il nome po-

polare di *Owhihee*, e nota come il teatro dell'assassinio del capitano Cook, è quello che presenta i fenomeni vulcanici nel loro aspetto più sublime ed imponente.

L'isola di Havaii, lunga circa settanta miglia e coll'area di 4000 miglia quadrate, è interamente di materie vulcaniche e tutta sparsa di innumerevoli crateri.

Avvi infatti un enorme cono, il quale si solleva all'altezza di 16000 piedi, ed ha numerose bocche aperte sopra una vasta massa incandescente, che senza dubbio si estende fin sotto al fondo del mare, così che tutta l'isola viene ad essere, per così dire, un gigantesco imbuto, capovolto sulle rocce fuse.

La seguente descrizione della visita del signor Ellis a questo cratere può mostrare qual gigantesco, splendido e terribile spettacolo sia presentato da questo vulcano.

« Dopo avere viaggiato per estese pianure e salito pendìi più o meno ripidi, tutt'ad un tratto ci si presentò il cratere di Kirauea, come un imponente testimonio dell'origine ignea di tutta l'isola. Ci trovammo improvvisamente sull'orlo di un profondo precipizio, e con una vasta pianura davanti a noi, di quindici o sedici miglia di circonferenza, e due o trecento piedi sotto il suo livello primitivo. La superficie di questa pianura era ineguale e sparsa di grosse pietre d'origine vulcanica; e nel suo mezzo v'era un gran cratere, alla distanza di un miglio e mezzo dal luogo ove ci trovavamo noi. Camminammo alquanto sull'orlo del precipizio, verso tramontana, fino a che trovammo un luogo meno ripido, dove ci fu possibile discendere alla pianura, non senza usare le più grandi precauzioni, a motivo delle pietre d'ogni grossezza e dei minuti frammenti che si movevano sotto i nostri piedi, e ci rotolavano adosso dall'alto. La parete per la quale noi siamo discesi è composta di materie vulcaniche, di lava vescicolare rossa e grigia, in letti orizzontali e d'uno spessore vario fra uno e quaranta piedi. E in molti luoghi quelle materie erano fesse in ogni direzione, dal piede fino alla cima, in conseguenza di terremoti e di altre scosse e convulsioni del suolo.

« Dopo avere camminato alquanto sulla pianura, che in molti luoghi risuonava sotto ai nostri piedi come se fosse vuota, giungemmo sull'orlo del gran cratere. Davanti a noi stava un'immensa voragine in forma di mezzaluna, avente due miglia in lunghezza da nord-est a sud-ovest, un miglio in larghezza, e ottocento piedi in profondità. Il fondo era coperto di lava, e le parti verso nord-ovest e verso nord si potevano veramente dire vaste caldaie piene di materia fusa. Cinquanta isolette coniche, di varia forma e disposizione, sorgevano

attorno quei laghi di fuoco, o nel loro interno stesso. Ventidue tra essi emettevano costantemente colonne di fumo grigio o piramidi di fiamme brillanti, e nello stesso tempo vomitavano dalle loro bocche infuocate dei torrenti di lava, che si riversavano nel circostante o nel vicino bagno di fuoco. L' esistenza di questi crateri e di questi torrenti dimostra, che quei laghi roventi non erano in comunicazione coll' interno del globo, ma venivano di continuo alimentati dai crateri delle isolette coniche, canali di comunicazione coll'interna massa fusa.

« Noi fummo benanche indotti a credere che le colonne grandissime di vapore, le quali escivano continuamente da soffioni in prossimità a certi banchi di solfo, dovevano essere prodotti da un fuoco diverso da quello che mantiene in continua ebullizione la lava nel fondo del gran cratere; ed altrettanto crediamo per altre bocche in vigorosa azione a qualche altezza sui lati del gran cratere, e che da esso sembrano affatto disgiunte.

« Le correnti di lava che sono emesse dai crateri minori scorrono fino ai laghi di fuoco e si confondono colla massa fusa che continuamente vi bolle, e che dà al tutto l' aspetto d' una gigantesca fornace.

« Gli orli che circondano quella gran pianura vulcanica constano di differenti letti di lava, e sorgono verticalmente per 400 piedi sopra un piano orizzontale, che è di lava solida e nera, e che nel mezzo si abbassa gradatamente verso il centro, dov'è il cratere, fino ad una profondità, che potemmo giudicare di circa tre o quattrocento piedi. È dunque evidente, che prima d'ora la lava si alzò più degli orli del gran cratere e ne uscì in correnti, che si spinsero fino al mare, o si sparsero sopra le pianure circostanti; e secondo ogni probabilità si deve a queste correnti la inondazione delle coste di Kapapala, avvenuta, come noi venimmo a sapere più tardi, circa tre settimane prima della nostra visita a questo vulcano. — Tutte le parti grigie e calcinate del gran cratere, le fessure che si intersecano in ogni senso attraverso la pianura su cui noi ci trovavamo, i lunghi banchi di solfo che si vedevano nell' opposto fianco della gran pianura, la vigorosa azione di tutte quelle bocche di fuoco, le dense colonne di vapore e di fumo che ne sgorgavano, la stessa cerchia di rocce alte 400 a 500 piedi ed a picco che ne circondavano, tutto concorreva a fare di quel vulcano uno dei panorama più importanti che noi avessimo mai visto, e reso poi ancor più imponente dai costanti mori prodotti da quella vasta fornace » (1).

(1) Ellis, *Ricerche Polinesiche*, vol. IV.

**134. Lo stesso vulcano di Kirauea, come fu visto da Stewart e Byron nel 1825.** — Questo vulcano fu anche visitato nel 1825 dal signor Stewart, accompagnato da Lord Byron e da una parte dell'equipaggio della fregata *Blonde*. Stewart, che è disceso fin sul fondo del cratere, ne dà la seguente descrizione.

« L'aspetto generale del cratere si poteva paragonare a quello che avrebbe un lago qualunque, che fosse gelato alla superficie, ed in cui si rompesse la crosta per effetto di forti scosse, e gelasse subito l'acqua sottostante, in modo da racchiudere un' infinità di rottami d'ogni forma e dimensione, e collocati in tutte le posizioni possibili, e da dare al tutto l' aspetto d' un mare in burrasca. A mezza notte il vulcano cominciò improvvisamente a produrre forti rumori ed a lavorare con doppia attività. I suoni non erano stabili, ma passavano dall' una all' altra estremità del cratere con grandissima velocità; talvolta sembravano prodotti precisamente sotto di noi, ed erano accompagnati da un sensibile tremolìo del suolo, e poi tutt' ad un tratto cessavano qui e ricomparivano nello stesso tempo nel punto più lontano del cratere. Quasi nel medesimo istante apparve una colonna di denso e nero fumo di fronte a noi nel cratere, cessò immediatamente il rombo sotterraneo, e si innalzarono delle fiamme da un largo cono, presso al quale noi ci eravamo trovati al mattino, e che avevamo creduto da molto tempo inattivo. Pietre arroventate, ceneri e sabbie vennero spinte in alto con estrema violenza, e poco dopo sgorgò una quantità di lava, che cominciò a scorrere e discendere sui fianchi del cono, ricoprendo le scorie circostanti, e formando varie correnti splendentissime, come la ghisa che cola da forni fusorii. Nello stesso tempo s' aperse anche un ampio lago di fuoco in un luogo molto distante, che trovammo poi avere non meno di due miglia di circonferenza, e affatto superiore ad ogni cosa che si possa immaginare. La sua superficie era agitata come un mare, e le onde si succedevano, si incontravano e si urtavano con tal forza, da lanciare in aria, fino a quaranta o cinquanta piedi d'altezza, degli sprazzi di lava infuocata. Era il più splendido e nello stesso tempo il più spaventevole spettacolo che noi avessimo mai veduto. »

**135. Struttura dei vulcani e origine delle eruzioni.** — La figura 84 mostra il modo con cui la lava può essere sollevata fin alla bocca dei vulcani ed anche lanciata in aria con forza. Rappresenti F F la parte più superficiale del nucleo fuso del globo, formata dalle lave in istato pastoso od affatto liquide; sia F C il canale che attraversa tutto lo spessore della crosta solida, dal bagno di lava fino alla bocca del vulcano; sviluppino ora le lave stesse dei gas o

dei vapori in grande quantità, oppure per la rottura di qualche caverna piena d'acqua o per qualche comunicazione tra il fondo del mare e il bagno di lava giunga a contatto della lava un po' d'acqua e si trasformi istantaneamente in vapore, ed ecco una forza sufficiente per sollevar la lava nell'interno del canale fino al cratere, ed anche per spingerla più in alto, e produrne quei getti di scorie e bombe vulcaniche, così comuni nelle eruzioni vulcaniche complete.

Fig. 84.

**136. Ostruzione del canale vecchio e formazione di nuovi crateri.** — Quando l'intrusione di frammenti di rocce solide o il raffreddamento e la susseguente solidificazione della lava stessa hanno chiuso il principal canale di comunicazione fra l'interno e l'esterno della crosta terrestre, può avvenire che per qualche tempo tutto rimanga in quiete; ma, se la produzione dei gas o dei vapori continua sempre, o per qualche causa viene ad aumentarsi, la pressione di questi gas e vapori contro la crosta solida può esser così forte, da romperla e da aprire un nuovo canale, ed anche più canali laterali, terminanti ad altrettanti crateri (fig. 85). Può però avvenire che questi crateri laterali si formino anche quando il cratere principale sia ancora in attività.

Fig. 85.

**137. Eruzioni sottomarine. — Formazione di isole vulcaniche.** — Le eruzioni vulcaniche non sono limitate alla sola terra ferma, ma si producono anche nel mare. Per esse possono sorgere nuove isole dal fondo del mare. In questo modo è comparsa nel 1831 fra la Sicilia e l'Africa, alla distanza di circa 30 miglia dalla

Sicilia, una nuova isoletta, che fu chiamata Giulia o Ferdinandea, e che in breve tempo scomparve, distrutta dalle onde. L'isola di Bogoslaw comparve nello stesso modo nel 1814 nell'arcipelago delle Aleutiche; la Sabrina ed un'altr'isola nel 1841 nell'arcipelago delle Azorre, e varie altre si formavano di improvviso nell'Arcipelago Indiano, tra le Filippine, tra le Molucche, e a poca distanza dalle coste del Kamtsciatka.

Uno dei più rimarchevoli esempii di siffatti fenomeni è quello di un'isola sorta dal mare nel 1796, a 30 miglia al nord di Unalaska, una delle isole Aleutiche. Si vide dapprima sorgere dal mare una colonna di fumo; poco dopo si vidde alla superficie del mare un punto nero, dalla cui sommità spuntavano delle fiamme ed era lanciata con violenza una gran quantità di materia infuocata. Questi fenomeni durarono parecchi mesi, e intanto l'isola andò mano mano crescendo in altezza e in grandezza. Alla fine non rimase se non la colonna di fuoco, che non cessò affatto se non dopo quattro anni. Però l'isola continuò ancora a crescere in altezza e in grandezza, senza produrre alcun altro fenomeno singolare; e nel 1806 era già così grande, da formare un cono, che si poteva vedere da Unalaska, e sul quale si erano formati verso nord-ovest parecchii coni minori.

**138. Arcipelago di Santorino.** — Altri esempii rimarchevoli sono forniti da eruzioni avvenute in tempi sì antichi che moderni nel Mediterraneo.

Di siffatti fenomeni fu specialmente teatro la baia che è chiusa fra le isole di Santorino e di Teresia, nell'Arcipelago Greco (fig. 86). L'isola di Santorino ha la forma di una mezzaluna, e le isole minori di Teresia e di Aspronisi chiudono la baia. In questo spazio così limitato s'innalzò l'isola di Hiera nel 186 prima di Cristo, e intorno ad essa comparvero varie isole più piccole, negli anni 19, 726 e 1427 dopo Cristo. Nel 1573 sorse un'isola più grande, a cui fu dato il nome di Micra Kameni, e nel 1707 se ne vide apparire un altra ancora, più grande, che fu chiamata

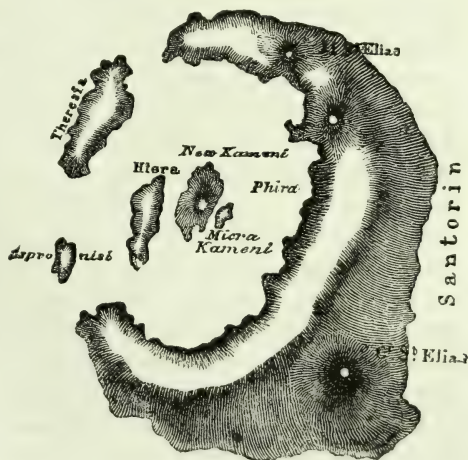



Fig. 86.

*Nea Kameni*. Questa ultima continuò a crescere lentamente per parecchii anni. In queste isole non si formò mai alcun cratere vulcanico, benchè sembrino formare le sommità d' una vôlta della crosta solida, spinta in alto a poco a poco delle forze sotterranee.

**139. Fenomeni che accompagnano la comparsa di queste isole vulcaniche** — Questi fenomeni vulcanici sottomarini sono generalmente preceduti da materie incandescenti che sono spinte fuori d'acqua, da scorie e pomici galleggianti sulla sua superficie, da soffii di vapore, da un'apparente ebullizione del mare, e dalla sua temperatura più o meno accresciuta. Tutte queste circostanze si sono vedute in tempi moderni nell'apparizione dell'isola Giulia, dell' isola Sabrina e di altre, e si narrano anche in tutte le descrizioni di analoghe eruzioni avvenute nei tempi antichi.

I fenomeni che accompagnano le eruzioni sottomarine possono essere invece assai diversi. Talvolta non sorge dalle acque alcuna roccia solida. Così, per esempio, al Kamsciatka nel 1737 si videro getti di vapori, si manifestò nel mare una grande ebullizione, e vennero a galleggiare sulla superficie pomici e scorie, ma nessun' isola comparve, e soltanto si formarono poi dopo, delle catene di monti sottomarini, in luoghi dove prima il fondo del mare aveva la profondità di cento braccia. — In altri casi non si vedono i getti di vapore, e il fenomeno non è manifestato se non dall' aumento di temperatura dell'acqua, e dal subitaneo emergere di parti che formavano dapprima il fondo del mare. Ciò avvenne nel 1820 all' isola di Banda, una delle Molucche, dov' era una baia profonda dapprima 50 braccia: il fondo, composto di materie basaltiche, s' innalzò talmente, da produrre un novello promontorio, formato di enormi massi sovrapposti l' uno all' altro, senz' altro fenomeno straordinario, fuorchè un aumento di temperatura dell'acqua. — Fu anche accertato che le violenti eruzioni sottomarine sono spesso seguite da un lento e graduato sollevarsi del fondo del mare. Questo si vide nell' isola sorta presso Unalaska ed anche in quelle presso Santorino.

Ora si può aggiungere, che le isole così prodotte non sono sempre permanenti; ma che spesso scompaiono dopo un tempo più o men lungo, distrutte a poco a poco dall'acqua, o ricondotte sott'acqua per un successivo abbassarsi del fondo del mare.

**140. Crateri di sollevamento**. — I crateri vulcanici prodotti col sollevarsi della crosta terrestre sono chiamati *crateri di sollevamento* o *di elevazione*, e si distinguono così da quegli altri, che sono formati dall'accumularsi delle materie eruttate intorno alla bocca di un vulcano, e che si chiamano perciò *crateri di eruzione*.

La forma conica è uno dei caratteri dei crateri di sollevamento; ma non appartiene soltanto ad essi: l' hanno anche gli altri. Carattere migliore è il trovarsi in luoghi dove la tradizione non ricorda alcuna eruzione; ed ancora più l' essere formati da strati, i quali fanno continuazione a quelli che compongono il paese circostante, s' innalzano regolarmente da ogni parte verso il centro del cratere (fig. 87), sono rotti e presentano un pendío rapidissimo od anche a perpendicolo verso l' interno del cratere, e sono attraversati da spaccature e fessure disposte a guisa di raggi, cioè dirette tutte dal centro del cratere verso la circonferenza. — Il Monte Nuovo, di cui più sopra, ne presenta, secondo alcuni autori, un esempio; secondo altri è invece un cratere d' eruzione. Altrettanto si può dire del Monte Somma, che abbraccia il Vesuvio.

Fig. 87.

**141. Isola di Palma.** — L'isola di Palma, una delle Canarie, è secondo De Buch ed Elia di Beaumont il miglior esempio dei crateri di sollevamento. Qui si vedono bene certe valli strette, lunghe e disposte a raggi, che vanno dalla parte più elevata del cratere e dell'isola fino al mare. Una di queste valli (o, come dicono là, *barancos*), è una vera fessura gigantesca, che si estende dal piede della montagna, dov'è il luogo detto Tazacorte, fino alla base del cratere (fig. 88 e 89).

Quasi tutte le isole vulcaniche hanno forme analoghe a quelle ora descritte. L' isola Sabrina, per esempio, al momento della sua apparizione, aveva tutta la forma di un cratere, e da una delle fessure principali, più profonda delle altre, sortiva acqua bollente.

**142. La formazione delle isole non è necessariamente preceduta da eruzioni.** — Benchè la maggior parte delle cavità crateriformi, così frequenti in varie parti della superficie terrestre, debba la sua origine ad eruzioni vulcaniche, pure non può dirsi che tutte si siano formate allo stesso modo; ed anzi è accertato che molte si sono prodotte senza essere accompagnate da eruzioni. Abbiamo già veduto infatti più sopra, che i terremoti non producono soltanto fessure raggiate (fig. 73), ma anche vere cavità fatte a stella (fig. 78), perchè coi margini frastagliati da fessure.

**143. Etna.** — L' Etna, il vulcano d' Europa più rimarchevole, posto in Sicilia, è composto interamente di materie eruttate; s' innalza a circa undicimila piedi sul livello del mare Mediterraneo. La circonferenza della sua base è di più di centottanta miglia, e in un giorno ben chiaro si può dalla sua sommità vedere l' isola di

Malta, distante ben centocinquanta miglia. Paragonato a questo vulcano, il Vesuvio è un pigmeo. Mentre le correnti di lava di que-

Fig. 88. *L'Isola di Palma.*

Fig. 89. *Veduta di parte della costa occidentale dell'Isola di Palma.*

st'ultimo vulcano non eccedono sette miglia in lunghezza, l'Etna ne ha di tutte le lunghezze, da quindici a trenta miglia, di quattro miglia in larghezza, e di cinquanta a cento piedi in grossezza.

La sua superficie presenta tre distinte regioni. Intorno alla base, per dodici miglia, il paese è riccamente coltivato, specialmente a

vigneti ed a pascoli, e vi sono frequenti le borgate, i villaggi e i conventi; va elevandosi a poco a poco verso la montagna. La seconda regione, media o temperata, è coperta di foreste di quercie e di castagni, e presenta una lussureggiante vegetazione fino ad un miglio dalla sommità. Più in alto dominano la sterilità e la desolazione, e il punto più elevato del monte è coperto di nevi perpetue. Il gran cratere ha circa un quarto di miglio di altezza e tre quarti di miglio di circonferenza, ed è situato nel centro d'un piano pochissimo inclinato, che ha tre miglia di diametro. Da questo cratere esce continuamente una colonna di vapore, proveniente dalle materie incandescenti nascoste sotto ad esso, e che si possono vedere in ebullizione entro certi fumaiuoli sparsi in varii crepacci laterali ed accessibili.

**144. Storia dell' Etna.** — La storia ci fa sapere che l' Etna era in attività prima della guerra di Troia; d'allora in poi ebbe una lunga successione di riposi e di cataclismi. In un' eruzione del 1769 un torrente di lava inondò uno spazio di quattordici miglia in lunghezza e quattro in larghezza, ardendo quattromila ville ed altre abitazioni, ed una parte della stessa città di Catania, e non si fermò se non quando ebbe raggiunto il mare. Prima che avvenisse questa eruzione di lava, il gran cratere fu veduto per parecchi mesi mandare fiamme e fumo, ed alla fine perdere la sua cima e farsi così meno elevato.

Nel 1809 si apersero dodici nuovi crateri, verso la metà dell' altezza totale della montagna, e ne sortirono dei torrenti di lava, alcuni dei quali coprirono di uno strato alto trenta o quaranta piedi le regioni circostanti. E nel 1811 altre bocche si aprirono sul fianco orientale, e mandarono altri torrenti di lava d'una forza spaventevole.

**145. Eruzione del 1832.** — Nel 1832 ebbe luogo un altro parossismo, che durò parecchie settimane, con lievi interruzioni. Il 31 di ottobre, verso mezzanotte, si videro sorgere senza alcun indizio precursore grandi colonne di fumo e di fiamme dalla parte boreale della base del gran cratere; e poco dopo escì dalla parte occidentale del cratere una immensa quantità di lava fluida, divisa in più correnti. Verso il mattino vi si aggiunsero dei terremoti, crebbe lo sgorgo e la rapidità della lava, una immensa quantità di fumo nero si alzò dal piede del Monte Scano, quasi a dinotare un notevole aumento nella violenza dell' eruzione, e si videro discenderne parecchii torrenti di lava. Il 2 novembre l' eruzione cessò subitamente, contro ogni aspettazione; e la lava si trovò così raffreddata

alla superficie, che alcuni viaggiatori poterono passarvi sopra. Il giorno dopo durava ancora la speranza che il fuoco si fosse estinto; ma verso sera si sentirono nuovi terremoti, assai violenti dapprima, poi deboli e si osservò un aumento nella quantità del fumo: indizii certi che l'eruzione stava per ricominciare; e due ore prima di mezzanotte si provarono nuove scosse, accompagnate da fumo nero e da fiamme, e da incessanti rombi sotterranei. — « Essendoci avvicinati alle bocche ignivome fin dove ci permetteva la prudenza, dice il signor De Luca, trovammo quattro aperture, tre delle quali emettevano materia infuocata. Togliendo i nostri occhi da queste bocche, vedemmo una enorme fessura, lunga un miglio, dalla quale uscivano di tanto in tanto degli sbuffi di fumo, e là dove potevamo vederne aperto il suolo, ci si offriva allo sguardo l'immensa fornace contenuta nell'interno della montagna. Intanto i rombi erano incessanti, e terribili le detonazioni; la lava continuava a scorrere, ed enormi masse se ne accumulavano qua e là, circondate fino a grande altezza da fumo e da fiamme. Le scosse del terremoto erano così violenti, che i cavalli e gli altri animali fuggivano da quei luoghi, dove stavano a pascolare ».

**146. La valle del Bove.** — Ma la maggiore singolarità dell'Etna è un'immensa depressione od escavazione, che si trova nella parte orientale della montagna, e che è detta *valle del Bove.* È una vasta pianura, oblunga, larga cinque miglia, circondata da pareti alte due o tremila piedi, scoscese ed a perpendicolo. Questa singolare cavità sembra che sia stata prodotta da un avvallamento di porzione della crosta del vulcano, quando dei movimenti straordinarii della massa liquida interna abbiano lasciato al dissotto d'essa crosta un vuoto. Le montagne circostanti sono infatti composte interamente di materie vulcaniche e stratificate, e gli strati d'un lato corrispondono esattamente a quelli dell'altro lato; le montagne stesse poi, che hanno fianchi così ripidi verso la valle, si abbassano regolarmente e con un dolcissimo pendío verso le pianure circostanti e verso il mare. Le pareti verticali di questa specie d'anfiteatro presentano molte vene e dicchie, le quali intersecano in ogni direzione gli strati di lava, di tufo e di scorie componenti quelle pareti, e danno a quella scena un aspetto straordinario. La grande durezza delle rocce che formano le dicchie, maggiore di quella degli strati che ne sono attraversati, è la causa dello sporgere che fanno le dicchie stesse, a guisa di muricci. Questi singolari muricci hanno uno spessore che varia da due a venti piedi, giungono spesso ad un'altezza sterminata, e sono assai pittoreschi. Alcuni sono di trachite, altri di basalte compatto, con granelli verdognoli di olivina. — Il fondo della valle è deserto e pre-

senta l'aspetto d'un mare tempestoso di lava, subitamente congelato. Innumerevoli correnti di lava scendono dal cratere nella valle, talune ripidissime e con belle cascate, ed altre così lunghe da giungere fin nella regione fertile inferiore, dove formano delle striscie di terreno arido e sterile, in mezzo a vigneti ed a boschetti d'aranci (1).

**147 Profilo e pianta dell' Etna**. — La veduta che si ha dell' Etna quando lo si guarda da un luogo a sufficiente distanza, in modo di veder tutto il paese fra Catania e Taormina (fig. 90), può

Fig. 90. *Veduta dell'Etna, fra Catania e Taormina.*

dare un' idea del profilo generale del vulcano e della valle del Bove, la cui forma e posizione si può comprendere ancora meglio, guardando la pianta dell' intero vulcano rappresentata nella fig. 91.

**148. Laghi vulcanici.** — Il subitaneo sprofondarsi del suolo, che produce delle cavità crateriformi, è spesso accompagnato dalla

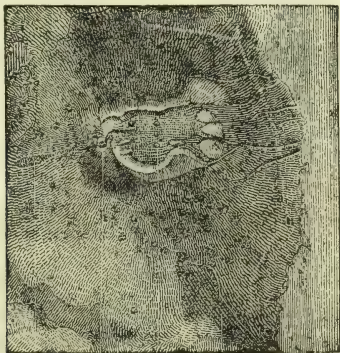



Fig. 91. *Pianta dell'Etna.*

formazione di laghi, pel riempimento di quelle cavità per parte di acque provenienti da sorgenti sotterranee. Siffatti laghi sono spesso riempiti d'acqua calda, come avvenne nel 1835 nella Cappadocia, presso l'Antica Cesarea, e nel 1820 nell' isola di S. Michele, una delle Azzorre (2).

(1) Vedi la descrizione grafica della valle del Bove del capitano Basilio Hall, *Patchwork*, vol. III. pag. 31.

(2) Laghi formati in antichi crateri vulcanici sono in Italia i laghi di Bolsena, di Bracciano, di Vico, di Nemi, d'Albanodi e di Valleriecia, in quella lunga zona vulcanica che si stende lungo il Mar Tirreno, dal Monte Amiata fin a mezzodì di Roma, e qui si congiunge colla zona vulcanica del Napoletano. *(Nota del Trad.).*

**149. Forma semilunare delle isole vulcaniche.** — Le isole vulcaniche hanno in generale una forma semilunare. L'isola di Santorino ne è un esempio; come pure l'isola Sabrina, già più sopra menzionata, che comparve nel 1811 fra le Azzorre, ed al momento del suo sorgere presentava appunto un cratere aperto

Fig. 92 e 93. *Comparsa e forma di certe isole vulcaniche.*

verso il sud, e da questa parte versava un torrente d'acqua bollente (fig. 92 e 93). L'isola Giulia, apparsa a sud ovest della Sicilia nel 1831, presentava anch'essa questa forma semilunare; e il 6 settembre 1835, il capitano Thayer trovò al nord della Nuova Zelanda una scogliera formata di recente, quasi a fior d'acqua, che conteneva nel suo mezzo una laguna, con un'apertura laterale, dalla quale esciva l'acqua bollente della laguna stessa.

**150. Crateri di sollevamento permanenti e temporarii.** — Alcuni crateri di sollevamento conservano per sempre la loro forma originaria, ma in quasi tutti essa va mano mano cangiando. Il caso del Vesuvio, che cangiò tanto la sua forma nell'anno 79 dopo Cristo, fu già più sopra menzionato. Il Picco di Teneriffa conserva ancora il suo cratere di sollevamento con dolce pendio all'esterno, e con pareti ripidissime ed a precipizio nell'interno, che s'innalza ad un'altezza fra milleduecento e due mila piedi. Il vulcano di Taal nell'isola di Lucon, una delle Filippine, è collocato nel centro d'una baia circondata da alte e ripide rocce, le quali lasciano fra loro una sola entrata, alla guisa delle isole vulcaniche finora descritte.

Fig. 94. *Disposizione di molte isole vulcaniche.*

**151. Barren nel Golfo del Bengala.** — Una simile disposizione si osserva nelle isole Barren nel golfo del Bengala (fig. 95),

che formano un cerchio di alte montagne, nel quale entra il mare per una sola apertura, e nel cui centro sorge un vulcano di due mila piedi d'altezza, in piena attività al tempo della sua scoperta.

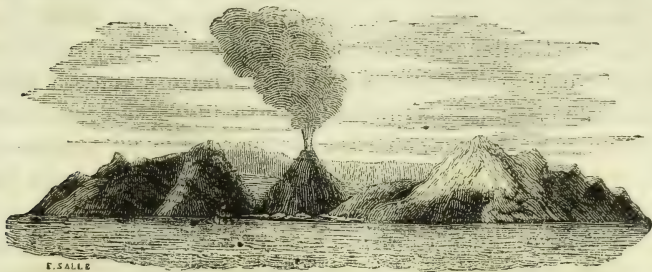



Fig. 95. *Isole Barren nel golfo del Bengala.*

**152. Origine vulcanica tradizionale di Santorino.** — Le isole di Santorino e Teresia, (fig. 96), delle quali si è già parlato più volte, formano assai probabilmente le cime d'un vasto cratere di sollevamento. Gli antichi storici le descrivono come prodotte molto

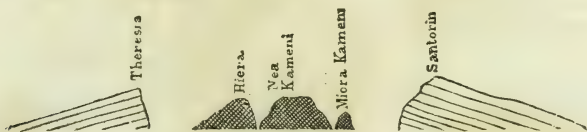



Fig. 96. *Spaccato di Santorino e delle isole adiacenti.*

tempo prima dell'era cristiana, dopo una serie di terremoti violenti. Questa tradizione è avvalorata del fatto, che tali isole sono formate di strati inclinati all'infuori, nel modo indicato dalla figura 96. Le isole sorte più tardi, vennero su nel centro del gran cratere di sollevamento, come il Vesuvio è sorto nel mezzo del gran cratere di sollevamento del Monte Somma.

**153. Interno dei crateri.** — È impossibile ottenere delle osservazioni dirette sull'interno dei crateri in istato di eruzione attiva, ma si può qualche volta avvicinarvisi subito dopo l'eruzione, ed allora si vede che il cratere ha la forma d'un immensa caldaia o d'un imbuto, nella cui parte inferiore sta la lava consolidata, che chiude l'apertura di comunicazione coll'interno del globo. Dalle fessure e dagli interstizii della lava e delle pareti del cratere sgorgano dei vapori sulfurei, e talvolta si vedono delle cavità, che mandano colonne di vapori ed hanno al loro fondo la lava incandescente.

Altri crateri si trovano invece, poco dopo le eruzioni, silenziosi ed aridi, ed ispirano un indescrivibile senso di terrore.

**154. Stromboli. — Crateri avventizii.** — Il cratere dello Stromboli, che è sempre stato in attività fin dai tempi più remoti, presenta in oggi gli stessi fenomeni che nel 1788, quando fu visitato da Spallanzani. È costantemente pieno di lava in istato di fusione, e che alternativamente s'innalza e s'abbassa nella cavità del cratere. Quando s'innalza, la lava fluida si copre di grosse bolle, le quali scoppiano con rumore, emettendo un'enorme quantità di gas e di vapori, e lanciando da ogni parte una grande quantità di materie scoriacee. Dopo queste esplosioni la lava si riabbassa, ma poco dopo ritorna ad ascendere e a produrre quegli effetti. Queste alternative si ripetono regolarmente ad intervalli di alcuni minuti.

Nei crateri dove la lava è meno fluida che allo Stromboli, si formano nuovi coni nel loro mezzo, per le materie scoriacee che rica-

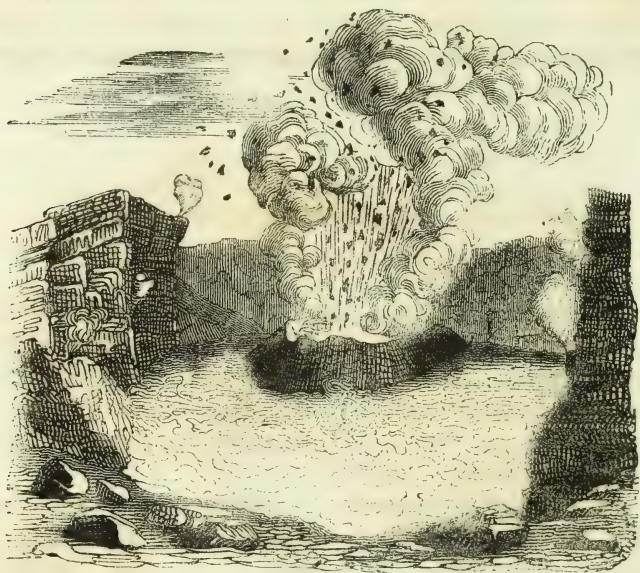



Fig 97. *Interno del gran cratere del Vesuvio nel* 1829.

dono attorno alla bocca in eruzione, così che sembrano altrettanti vulcani in miniatura, in mezzo al cratere del vulcano maggiore. Questo fenomeno si vidde spesso al Vesuvio, e specialmente nel 1829 (fig. 97).

**155. Strati di lava. — Come si siano formati.** — Talvolta la lava, spinta fuori dalle forze sotterranee, si espande alla

Fig. 98. *Banco di lava.*

Fig. 99. *Banchi di lava sovrapposti.*

superficie del suolo in istrati più o meno grossi (fig. 98), i quali possono poi, più tardi, essere ricoperti da altri depositi. Si conoscono luoghi in cui, di tali spandimenti di lava, ne avvennero parecchi, a differenti epoche, così che si trovano altrettanti strati l' uno all' altro sovrapposti (fig. 99). In tal caso, la materia che forma lo strato superiore è tenuta per la più recente, perchè dev'essere passata attraverso tutti gli altri strati, prima di giungere alla superficie.

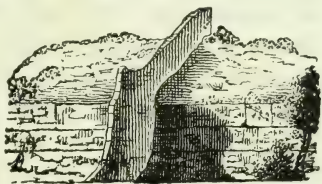



Fig. 100. *Muriccio messo a nudo dalla distruzione delle rocce adiacenti.*

**156. Formazione delle dicchie di lava.** — Quando la lava si è solidificata entro una spaccatura verticale o quasi verticale, e la materia di cui essa è formata è più dura di quella attra-

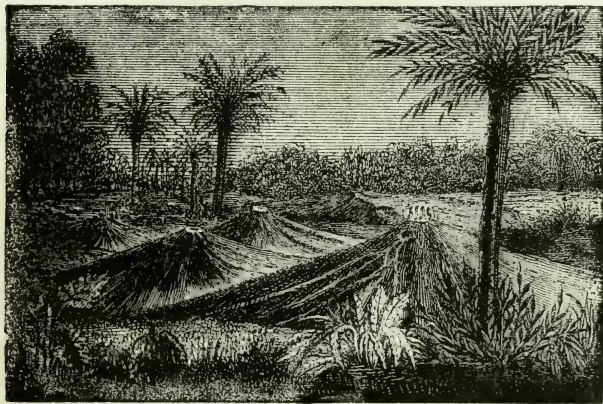



Fig. 101. *Salse di Cartagena.*

versata dal filone, quest'ultima si altera e cade in frantumi più presto della roccia vulcanica, e si vede sporgere dal suolo il filone di lava, alla guisa d'un muro (fig. 100). Questo filone è chiamato *dicchia* o *dicca,* dall'inglese *dyke* (che vuol dire *diga* od *argine*), oppure anche *muriccio,* per la sua forma.

**157. Salse o vulcani di fango.** — I fenomeni delle *salse* o dei *vulcani di fango* saranno descritti distesamente nel trattatello sui terremoti e sui vulcani in particolare. Diremo là come questi vulcani di fango consistano in monticelli conici, più o meno alti, coi pendii molto dolci, e con una cavità crateriforme alla loro sommità, ripiena di fango liquido, da cui sorgono continuamente delle bolle di gas, che lanciano in aria degli sprazzi di quel fango (fig. 101). Talvolta si trovano in un uno spazio ristretto di paese parecchi di questi vulcanetti in piena attività, ed alti dieci a dodici metri. Queste riunioni di coni coronano qualche volta dei monti alti da cinquanta a cento metri, composti di materia argillosa, simile a quella di cui è formato quel fango liquido, e che sembra perciò appunto tutta quanta accumulata in quei luoghi per una serie innumerevole di deiezioni. In certe contrade si trovano di tali monti, interamente secchi, nei quali è cessata ogni emissione di gas, di acqua e di materia terrosa; ma talvolta tutti questi fenomeni ricompaiono improvvisamente dopo una lunga inazione, e con una forza superiore all'ordinaria.

**158. Fumaiuoli.** — *Fumaiuoli* e *geiser* sono chiamate le eruzioni di vapore o di acqua bollente, prodotte da bocche e da spacca-

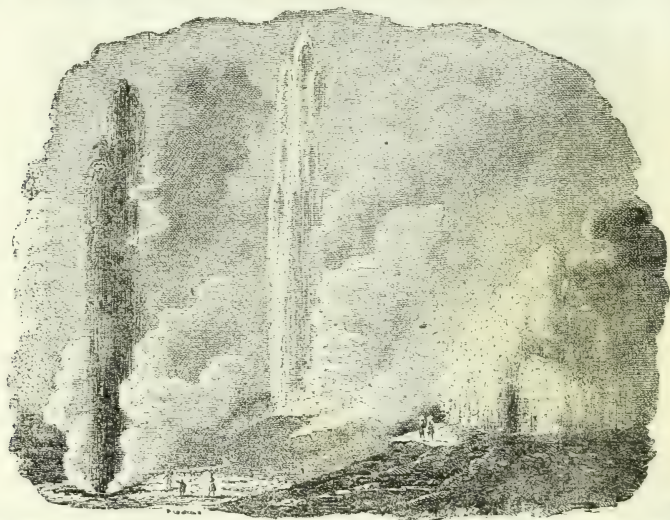



Fig. 102. *Geiser dell'Islanda.*

ture in luoghi vulcanici. Rimarchevolissimi sono quelli che circondano il vulcano dell'Ecla in Islanda. Il vapore acqueo, sortendo da fori aperti nel suolo, s'innalza in forma di bianche colonne, fino a

30, 40 o 60 piedi, e spesso sembra una gigantesca imitazione di quei getti di vapore, che escono dalle valvole di sicurezza delle macchine a vapore. — Anche in Toscana, nei dintorni di Monte-Cerboli, di Castel-Nuovo e di Monte-Rotondo, si trovano frequenti esempii di siffatti fenomeni, quasi tutti disposti lungo una linea della lunghezza da 20 a 25 miglia.

Questi getti di vapore contengono sempre delle sostanze che corrodono le rocce circostanti. I vapori emessi d'ordinario dal Vesuvio contengono acido solfidrico; quelli della solfatara presso Pozzuoli, acido solforoso; e quelli dei fumaiuoli (o più propriamente *soffioni*) della Toscana, acido borico.

**159. Geiser.** — *Geiser* sono eruzioni vulcaniche di acqua bollente, ora continue ed ora intermittenti, delle quali si conta un gran numero in Islanda. Da uno di questi s'innalza ogni mezz'ora una colonna di acqua bollente, larga 18 piedi ed alta 150 piedi (fig. 102).

L'acqua emessa in questo modo contiene una certa quantità di silice, la quale si depone allo stato d'idrato, sul suolo, intorno alla bocca, e forma talvolta delle colline di un'estensione considerabile, alla cui sommità si apre quella specie di cratere, che rigetta l'acqua bollente.

Oltre alla silice, l'acqua dei geiser contiene anche una piccola quantità dei carbonati di soda, di ammoniaca, di potassa e di magnesia, non che una piccola quantità di acido carbonico.

**160. Valli di elevazione.** — Come i paesi vulcanici, anche tutti quelli che constano di rocce sedimentari, possono presentare delle

Fig. 103. *Carta topografica di una valle di sollevamento.*

valli o delle depressioni più o meno vaste, aventi la forma dei crateri vulcanici, ma più frequentemente oblunghe e irregolari. Tali cavità sono frequenti nelle montagne del Giura, tra la Francia e la Svizzera. Esse sono oblunghe, simili ad una larga spaccatura, i cui lembi siano formati da due catene montuose (fig. 103).

Tali depressioni o cavità furono chiamate *valli di sollevamento*, a motivo della loro somiglianza coi *crateri* di questo nome.

**161. Formazione delle catene parallele del Giura.** — Queste catene parallele, che comprendono le valli di sollevamento, si sono prodotte colla rottura o col ripiegamento degli strati terrestri, in conseguenza di quelle dislocazioni, di cui abbiamo già più sopra parlato abbastanza distesamente.

I monti del Giura ne presentano i più belli esempii (fig. 104).

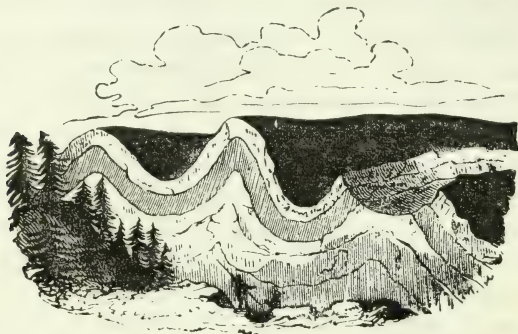



Fig. 104. *Valli parallele nel Giura.*

## VII.

## LENTA AZIONE DELL'ARIA, DELL'ACQUA E DEL CALORE SULLA SUPERFICIE TERRESTRE.

**162. Lenta azione dell'aria, dell'acqua e del calore.** — Finora abbiamo veduto come si producano le rocce dall'acqua, come vengano smossi, rotti, dislocati gli strati nei movimenti insensibili del suolo, nei terremoti e nei fenomeni vulcanici, come abbiano in tal modo origine le montagne, le colline, le valli e i bacini dei laghi e dei mari; ora, in quest'ultima parte del presente trattatello, mostreremo come agiscano l'aria, l'acqua e il calore, ma specialmente l'aria e l'acqua nell'alterare e distruggere le rocce solide, le colline e le montagne: queste azioni sono lentissime, ma i loro effetti, aumentati in tempi lunghissimi, non sono meno importanti di quelli dei movimenti istantanei più sopra descritti.

L'aria, l'acqua e il calore agiscono meccanicamente colla corrosione e coll'abrasione, fisicamente colla dissoluzione, chimicamente colla decomposizione.

Le acque dell' Oceano, trasformate in vapore per opera del calore, s' innalzano nell' atmosfera, sono trasportate a grandi distanze dalle correnti aeree, ossia dai venti, fino a che incontrano le parti culminanti dei continenti, intorno alle quali si condensano e cadono in forma di pioggia o di neve; ricaduta in tal modo sulla terra, l' acqua discende pei luoghi più declivi, formando fiumi e laghi, e in parte penetra anche nell' interno del suolo, dando origine alle acque sotterranee e alle sorgenti, e alla fine ritorna nelle parti più basse della superficie terrestre, carica delle sostanze che ha raccolte meccanicamente o disciolte chimicamente nel lungo suo corso, e le deposita sul fondo del mare, dando origine a nuovi sedimenti stratificati.

Indipendentemente dall' acqua, l' aria stessa esercita un' azione meccanica sulle rocce solide. Il vapore che vi è disciolto penetra nei pori e negli interstizii, che le rocce hanno nel loro interno in maggiore o minore quantità, a seconda della loro densità e struttura. Nei tempi di siccità ne ritorna fuori; e così, alternativamente assorbito ed emesso, finisce col disgregare le parti più superficiali delle rocce, e col farle cadere in frantumi.

Effetti di questa specie si possono vedere in ogni paese e quasi in ogni circostanza, sulle costiere che s' innalzano sul mare, sulle pareti dei valloni da cui sono solcate le catene montuose, su tutte le rocce tagliate artificialmente nelle cave o nelle miniere, e nell'aprire strade o canali. Essi sono tanto più pronti a prodursi, quanto meno sode sono le rocce, e quanto più sono atte ad assorbire l' umidità ed a perderla per l' evaporazione. Le montagne devono in generale le loro forme a questi effetti, diversi secondo il vario grado di alterabilità delle rocce che le compongono.

Fig. 105. *Diverse forme di montagne.*

Molte prendono la forma conica, a guisa dei vulcani (fig. 105. *a* ); altre, per esempio quelle composte di gneiss, presentano dei picchi e delle punte acutissime (fig. 105. *b* e 107), e per questo motivo ebbero nelle Alpi, ove sono frequentissimi, i nomi singolari di *aguglie*, *denti*, *corni*, ecc.; quelle calcaree, mostrano per così dire, dei torrioni e delle muraglie curve, a guisa di fortificazioni (fig. 105. *c*), oppure sono a scaglioni od a terrazze sovrapposte, come nella figura 105. *d* e 106.

**163. Azione dell'atmosfera in particolare.** — Gli effetti della lunga e continua azione dell'atmosfera sulle rocce si sono ve-

Fig. 106 e 107. *Effetti dell'alterazione e degradazioni delle rocce.*

duti in molti luoghi della superficie dei continenti, anche nei tempi storici. Certe rocce cristalline sono disgregate così profondamente, che le parti esterne ne sono trasformate in ghiaia, sabbia e argilla, che vengono asportate di tanto in tanto dall'acqua piovana. A poco a poco i massi di rocce così alterati si arrotondano, e, rimanendo pur sovrapposti l'uno all'altro come erano in origine, finiscono col toccarsi per pochi punti, e col divenire sì poco stabili, da muoversi al minimo urto (fig. 108. B.).

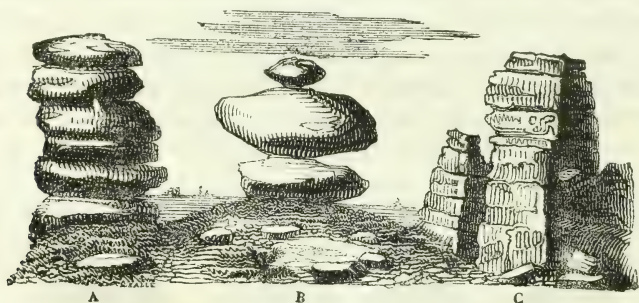



Fig. 108. *Alterazione del granito in diversi luoghi.*

Questa specie di fenomeni è presentata specialmente dalle rocce porfiriche. Nelle montagne in cui sono più frequenti i graniti, questi si vedono spesso divisi apparentemente in istrati orizzontali, attraversati da fessure verticali, in modo d'essere trasfomati in tante pile di parallelepipedi irregolari (fig. 108. C). Quando poi gli spigoli di questi parallelepipedi si arrotondano per la crescente alterazione della roccia, questa appare, per così dire, formata da grosse forme di formaggio, l'una all'altra sovrapposte (fig. 108. A).

**164. Azione distruttiva dell'acqua.** — Le rocce solide sono spesso attraversate da crepacci verticali, pieni di materie più facilmente permeabili all' acqua. In tali casi, le acque piovane, penetrando in questi crepacci, ed asportando a poco a poco quelle materie e meno coerenti, lasciano alla fine isolate e senza il reciproco sostegno le varie parti della roccia solida, e queste finiscono col cadere in frantumi al piede della balza (fig. 109).

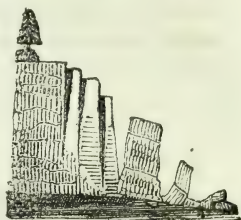



Fig. 109. *Roccie sfaldate dall'acqua.*

**165. Azione distruttiva del mare sulle costiere.** — Le acque del mare, che bagnano il piede delle alte costiere, lavorano di continuo a disciogliern e ed a corroderne le parti inferiori meno resistenti, lasciando intatte le superiori : queste si fanno quindi sempre più sporgenti, fino a che il loro stesso peso vince la coesione della roccia, e le parti più sporgenti cadono in frantumi al piede della costiera (fig. 110).

Fig. 110. *Azione delle onde sulle costiere scoscese.*

Avviene talvolta che i detriti accumulati al piede delle costiere difendano queste stesse costiere dalla continua azione distruttiva del

Fig. 111. *Ammasso di rottami che si oppone all'azione delle onde.*

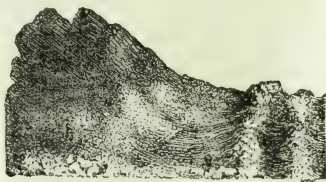



Fig. 112. *Azione delle onde sulle coste poco inclinate.*

mare, a guisa degli argini e delle dighe (fig. 111). In altri casi è la stessa naturale forma delle coste che le difende dall' azione distruttiva delle acque del mare, e specialmente quando la costa presenta

un piano poco inclinato verso il mare, così che le onde si avanzano sovr' esso e ritornano al mare senza incontrare alcun rialzo, contro cui possano cozzare (fig. 112). Ambedue queste disposizioni sono riprodotte dagli architetti idraulici nella costruzione delle dighe, dei porti e delle altre costruzioni marine.

**166. Azione distruttiva delle cascate.** — Le cascate presentano anch'esse sovente degli effetti analoghi a quelli delle onde contro le coste. Quando v' ha una balza verticale formata di strati orizzontali, alternativamente calcarei e argillosi, e dall' alto di questa balza cade l' acqua ai suoi piedi, gli strati argillosi, perchè più facili a disgregarsi che i calcarei, sono più presto corrosi, e i calcarei vengono a sporgere, e sporgono sempre più, quanto più s'avanza la distruzione degli strati argillosi. Alla fine si rompono pel loro proprio peso, cadono in pezzi al basso della balza, e il margine di questa, e quindi anche tutta la cascata, indietreggia verso l' origine del fiume che la produce (fig. 113). Tale fenomeno si vede benissimo alla famosa cascata del Niagara nell' America settentrionale.

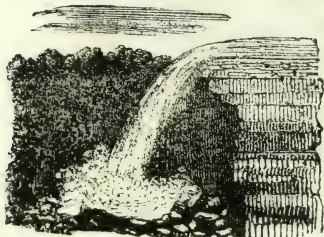



Fig. 113. *Azione distruttiva delle cascate.*

**167. Influenza del mare e dei ghiacci galleggianti sulle forme degli scogli e delle costiere.** — All' azione distruggitrice delle onde del mare, come agli urti dei ghiacci galleggianti, che vengono di continuo dai poli verso le regioni temperate, si devono quelle forme bizzarre degli scogli e delle costiere marine a tutti ben note (fig. 114 e 115). Il mare rompe o discioglie le parti

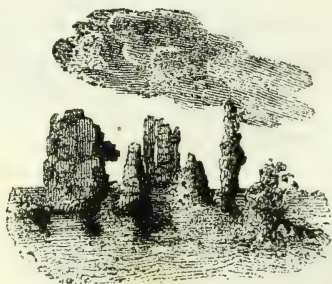
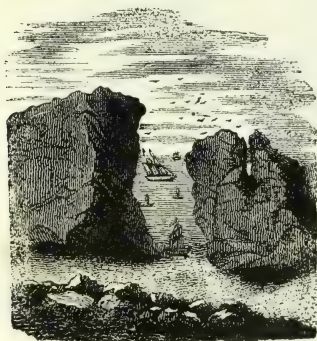



Fig. 114 e 115. *Scogli rotti e diversamente configurati per opera delle acque.*

meno resistenti, e lascia al loro posto delle aperture, delle spaccature, delle caverne, e talvolta trasforma col lunghissimo volgere degli anni i più grossi scogli in gruppi voluminosi di colonne, aguglie ed obelischi, di forme svariatissime e sommamente irregolari (fig. 116 e 117).

**168. Spiegazione de' fenomeni geologici col mezzo di azioni deboli, ma continue per lunghissimi tempi.** — Così si vede che risultati eccitanti la meraviglia per la loro grandezza e singolarità possono essere ottenuti per la sola azione di

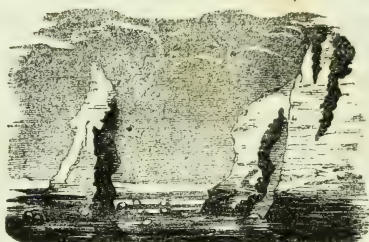



Fig. 116 e 117. *Altri esempii delle varie forme degli scogli.*

cause debolissime, ma continue per lunghissima serie d'anni. Alternativi sollevamenti e abbassamenti di porzioni distinte della crosta terrestre, ora subitanei ed ora lentissimi e insensibili, avvennero in gran numero nei tempi storici; ed è da credersi che in tempi più antichi, a motivo della minore grossezza e della conseguente minore solidità della crosta terrestre, questi movimenti siano stati più frequenti e più ampii che adesso. Le eruzioni vulcaniche avvenute nei tempi storici si possono per lo stesso motivo considerare come riproduzioni in piccolo di fenomeni altre volte più poderosi e frequenti, ma identici agli attuali per la loro natura generale e per le loro cause. Anche l'alterazione, l'abrasione, la decomposizione e il trasporto dei materiali solidi della crosta terrestre per opera dell'atmosfera e dell'acqua, quali si mostrarono nei tempi storici e si mostrano tuttora, si devono tenere come un nulla, in confronto di quello che dev'essere avvenuto nelle lunghissime epoche preadamitiche. Ed anche i sedimenti formati dalle acque nei tempi attuali e nei tempi storici devono rappresentare sopra una scala piccolissima i sedimenti che devono essersi formati nei tempi incommensurabili scorsi dal momento della prima condensazione dei vapori acquei sulla terra fino al momento della comparsa dell'uomo. Insomma, di tutti i fatti geologici, che noi veniamo a

conoscere collo studiare la superficie della crosta terrestre, e collo indagarne l' interno per mezzo di miniere e di ogni altra sorta di scavi, di tutti si deve trovare la spiegazione nella completa conoscenza dei fenomeni che avvengono nell' epoca attuale, o che sono avvenuti nelle epoche storiche.

**169. Letto di fango di Portland.** — Nell' isola di Portland, presso l' Inghilterra, ed in varie parti del continente, si trovano dei depositi sotterranei singolari, che i minatori inglesi hanno chiamato *letti di fango* (*dirt-beds*). Consistono in un banco di circa un piede di spessore, composto di fango bruno scuro e friabile, che contiene una gran quantità di lignite terrosa, e nello stesso tempo molte pietre arrotondate e veri ciottoli, a guisa del terreno vegetabile attuale di quasi tutti i paesi. Sembra poi che sia stato davvero in una delle remote epoche geologiche un terreno vegetale, coperto d' una vegetazione abbondante e lussureggiante; giacchè si trovano sparsi sovra esso numerosissimi tronchi e rami di piante conifere e di cicadee (piante che stanno fra le palme e le felci). Sopra questo strato si stendono dei calcarei a straterelli esilissimi e di colore vario, il cui spessore totale è di dieci piedi, e sopra i quali sta il terreno vegetabile attuale; ma quest' ultimo, invece di cicadee e di foreste di pini, non porta che una meschina vegetazione.

La circostanza, che più di tutte merita di essere rimarcata in questo letto di fango, si è la posizione delle piante e delle loro radici. Le piante sono ancora erette, come se fossero state pietrificate senza essere smosse dalla loro posizione naturale, e quando formavano parte ancora delle loro foreste native, colle radici distese orizzontalmente nel letto di fango, e coi tronchi sorgenti attraverso gli straterelli dei sovrapposti calcari. (fig. 118.)

Immediatamente sotto il letto di fango v' ha un grosso strato di calcare d' acqua dolce, di poca importanza pei minatori, e sotto ad esso lo strato della pietra di Portland, così famosa, specialmente in Inghilterra, per i suoi usi architettonici. Per questo, il letto di fango e i suoi materiali, interessantissimi pel dotto, ma di nessun valore per i cavatori della pietra da costruzione, furono scavati e sparsi all'intorno senza alcun ordine, e al solo fine di giungere al sottoposto strato della pietra di Portland. « In una delle visite fatte a queste isole (nell' estate del 1832), dice il dottor Mantell, la grande area

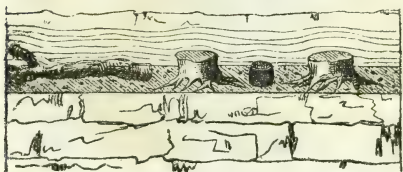



Fig. 118. *Letto di fango nell'isola Portland.*

del letto di fango era spazzata, tutto era preparato per toglierlo via, e il letto stesso presentava un aspetto singolare. Il suolo era letteralmente coperto di legno fossile, ed io vedeva davanti a me una foresta pietrificata, i cui alberi, come nelle storie arabe si narra degli abitanti di una città, erano convertiti in pietra, e rimanevano ancora allo stesso posto da loro occupato durante la vita. Molti tronchi erano circondati da un monticello conico di terra calcarea, la quale si è evidentemente accumulata allo stato di fango intorno alle radici ed al piede dei tronchi. I tronchi ancora eretti erano posti a regolari distanze, ad uno o due piedi l' uno dall' altro, ed alti tre o quattro piedi; le loro sommità erano rotte e staccate, come se fossero state divelte e contorte da un uragano, e giacevano sul suolo ad una piccola distanza. Alcuni avevano due piedi di diametro, e unendo insieme i diversi frammenti d' uno dei tronchi giacenti a terra, si trovò la lunghezza totale di trenta a quaranta piedi. Alcuni esemplari conservavano ancora dei rami mozzati. Questi tronchi giacenti a terra e i frammenti dei loro rami erano assai numerosi ».

« L' esterno dei tronchi da me esaminati era alterato e guasto dalle intemperie, e somigliava a quello dei pali e dei legnami da costruzione per lungo tempo esposti all' azione alterativa dell' acqua e dell' aria; rari erano quelli che mostrassero tracce di corteccia. »

Fig. 119. *Zamia.*

Fig. 120. *Cycas.*

« Le piante riferite ai generi ora viventi delle cicadee e delle zamie (fig. 119 e 120, che hanno l' aspetto generale di piccole palme) si trova-

vano fra quelle dei pini; e il letto di fango era così poco resistente, che con una zappa io potei facilmente estrarne, come dalla terra incoerente d'un'aiuola da giardino, parecchi esemplari, i quali giacevano allora allo stesso posto, dove erano cresciuti, e come le colonne del famoso tempio di Pozzuoli erano state salvate dalla distruzione appunto dall'essere circondate dalla terra vegetale loro coetanea. Queste piante fossili, benchè riferite alle cicadee ora viventi, appartengono ad un genere distinto (fig. 121), che da Brongniart fu chiamato *Mantellia*, ed a due specie diverse, l'una corta e quasi sferoidale (*Mantellia nidiformis*), l'altra più lunga e quasi cilindrica (*Mantellia cylindrica*). La prima di queste specie è chiamata *nido d'uccello* dai cavatori della pietra di Portland, perchè credono che le piante spettanti a questa specie siano nidi di uccelli, che siano vissuti in altri tempi, su quei pini che si trovano misti alle cicadee.

Fig. 121. *Mantellia nidiformis.*

Le piante sono completamente silicizzate, e la loro interna struttura si vede benissimo in alcuni esemplari. Il legno, esaminato al microscopio, presenta l'organizzazione di quello delle araucarie (piante conifere dell'America settentrionale). Un cono (strobilo, ossia uno di quei frutti multipli e conici, simili a quelli dei pini comuni) trovato nel letto di fango, fu giudicato dal dott. Brown affine a quelli del pino delle isole Norfolk (*araucaria excelsa*). Le piante fossili di Portland e quelle dell'isola di Wight sembrano appartenere alla stessa specie d'alberi coniferi.

**170. Clima dell' Inghilterra nelle antiche epoche geologiche.** — La presenza di piante analoghe alle moderne cicadee e zamie, le quali vivono attualmente nei paesi caldi, sembra provare che una volta il clima dell'Inghilterra sia stato molto diverso dell'attuale, e specialmente molto più caldo ed assai affine a quello della zona torrida attuale.

**171. Depositi di carbon fossile.** — I depositi di carbon fossile conducono allo stesso risultato. Vi si trovano interi tronchi d'alberi, eretti e infissi nella roccia sottostante al carbon fossile, come se fossero nella loro posizione naturale e originaria. Se ne videro molti esempii in Inghilterra, specialmente nella costruzione della strada-ferrata fra Manchester e Balton. Presso Dixonfold si trovarono quattro gran tronchi di sigillarie, in piedi, colle loro radici distese nella argilla sottostante, l'uno vicino all'altro, e tutti circondati ed

anche riempiti di argilla azzurrognola, e colla corteccia carbonizzata. Questi tronchi sembravano rotti violentemente all'altezza di quattro o cinque piedi sopra le radici, non essendosi trovata nei dintorni alcuna traccia delle parti superiori staccate.

**172. Miniere di carbon fossile nel Northumberland.** — Sulla costa del Northumberland, sopra uno spazio di mezzo miglio in lunghezza, furono trovati in piedi venti tronchi dal signor Trevelyan, ed altri ne furono poi trovati nel deposito di carbon fossile in vicinanza, come se fossero l'avanzo di una foresta seppellita, simile a quella dell'isola di Portland.

Nei depositi di carbon fossile di Newcastle esiste uno strato di arenaria a cinquecento piedi sotto la superficie del suolo, e sovr'esso si trovarono in piedi molti tronchi d'albero, aventi da due ad otto piedi di circonferenza, e colle loro radici infitte negli strati stessi dell'arenaria.

**173.** « **Nelle miniere di carbon fossile presso Wolverhampton**, dice Ugo Miller, il carbon fossile giunge a fior di terra, e là dove la sua superficie è stata spazzata dal terreno alluviale, presenta l'aspetto d'una folta foresta di abeti, che sia stata tagliata alcuni mesi prima, lasciando in piedi ed in posto soltanto i ceppi. Questi ceppi ancora in posto erano settantatrè: le radici fra loro intrecciate coprivano il suolo, come se fossero ancora al loro posto, ma fosse stato levato il terreno vegetale, trovandosi in luogo di questo soltanto uno straterello colorito in bruno e indurato. Parecchii tronchi, singolarmente schiacciati lateralmente, giacciono sdraiati sul carbon fossile; alcuni hanno fino a trenta piedi in lunghezza, e i più grossi hanno più di due piedi di diametro. Appartengono a stigmarie, lepidodendri, calamiti e frammenti di ulodendri; ed ora sembra che tutto il carbon fossile non sia formato che da un deposito dello spessore di cinque pollici. Nessuna delle piante qui raccolte è acquatica. Questa foresta sotterranea è stata sommersa nell'acqua: sovr'essa hanno vissuto i molluschi e i pesci. Sotto questa foresta se ne trova una seconda, e poi una terza: esistono così gli avanzi di tre foreste sotterranee, sovrapposte l'una all'altra in una profondità di non più di dodici piedi (1). »

**174. Deposito della miniera di Treuil a Saint-Etienne.** — Alessandro Brongniart (2) descrive una cava di carbon fos-

(1) *Firste Impressions of England and its People*, by Hugh Miller, p. 225.

(2) *Notice sur les végétaux fossiles traversants les couches du terrain houilleux.* Paris, 1828.

sile a Treuil presso Saint-Étienne, nel territorio di Lione, la quale contiene molti enormi tronchi di calamiti e di altre piante in posizione verticale (fig. 122). Questi ed altri fatti simili si considerano atti a provare, che il carbon fossile si è prodotto col sommergersi di

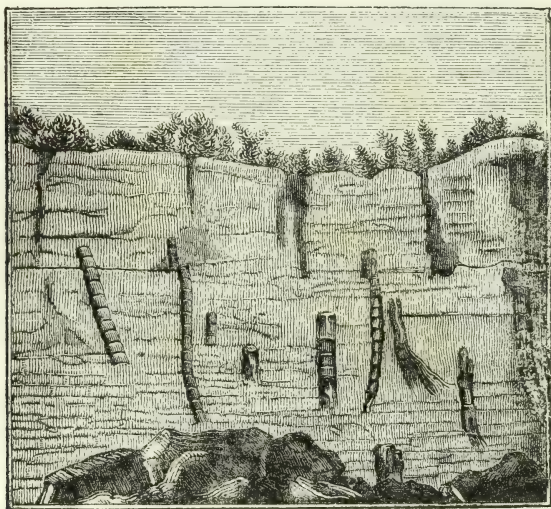



Fig. 122. *Tronchi verticali nella cava di Treuil in Francia.*

foreste nel luogo stesso in cui sono cresciute. Questa cava è particolarmente favorevole alle osservazioni perchè a cielo aperto, così che presenta visibilissima la sovrapposizione degli strati d' argilla, di ardesia e di carbon fossile, con quattro banchi di minerale di ferro in noduli schiacciati, accompagnati e attraversati dagli avanzi vegetabili.

La parte superiore della cava, dello spessore di dieci piedi, e di arenaria micacea, è in alcune parti stratificata regolarmente, in altre finamente schistosa. In questa parte sono gli enormi tronchi che attraversano gli strati, e sembrano come una foresta di alberi simili ai bambù od a giganteschi equiseti. I tronchi sono di due specie: gli uni lunghi e sottili, di uno a quattro pollici di diametro, e di nove a dieci piedi di altezza, e consistenti in cilindri sovrapposti e striati, colla corteccia carbonizzata; gli altri, meno comuni, cilindrici e più grossi.

**175. Caratteri desunti dai fossili. Depositi d'acqua dolce, d'acqua salmastra e d'acqua marina.** — Se i sedi-

menti siano prodotti da acque dolci (fluviatili o lacustri), oppure da acque salate (marine), si può conoscerlo dalla natura dei corpi orga-

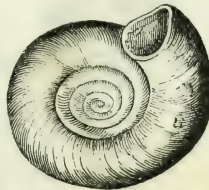



Fig. 123. *Linmnea.* Fig. 124. *Planorbis.* Fig. 125. *Melania.* Fig. 126. *Paludina.*

nici in essi contenuti. Così, se noi troviamo in un sedimento conchiglie analoghe a quelle che vivono nelle acque dolci (fig. 123 a 126), ne

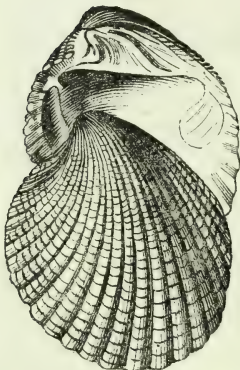



Fig. 127. *Venericardia.* Fig. 128. *Ammonite.* Fig. 129. *Murex.*

possiamo dedurre che quel sedimento ebbe origine nell'acqua dolce; se invece troviamo conchiglie marine (fig. 127 a 133), ne concludiamo che è d'origine marina.

Quando gli avanzi organici hanno uno carattere misto, cioè contengono fossili di acqua dolce e fossili marini, il sedimento che li contiene, deve essersi formato alla foce di un fiume nel mare.

Con questi mezzi noi veniamo a conoscere che estesissimi tratti di paese, attualmente asciutti, ed anche a grandi altezze sul livello

Fig. 130. *Nautilo.* Fig. 131. *Voluta.* Fig. 132. *Cerithium.* Fig. 133. *Turbo.*

del mare, sono stati dapprima, ed a più riprese, fondi di laghi o di mari. Quasi tutte le parti dei continenti sono in questo caso.

Prof. G. Omboni.

# AGGIUNTE DEL TRADUTTORE

## TERRENI SEDIMENTARII DI VARIE PARTI D' EUROPA.

(Alla pagina 171.)

Il chiarissimo Autore dà una tabella generale della *struttura della crosta terrestre*, nella quale sono indicati i terreni *sedimentarii*, *ipozoici* ed *ignei* o *primitivi*, che formano detta crosta terrestre, e le loro principali suddivisioni. Io credo utile aggiungere qui alcune altre tabelle, che in ispecial modo mostrano i terreni che si distinguono in Inghilterra, in Francia, in Germania e in Italia, ed un'altra tabella, nella quale si vedono confrontate fra loro le divisioni stratigrafiche adottate da varii geologi antichi e moderni, per facilitare l' intelligenza delle opere di Geologia e del seguente Trattatello sulla *Terra preadamitica*. Nel qual trattatello sono descritti con molti particolari tutti i terreni indicati nelle seguenti tabelle, gli animali e vegetali fossili che vi si rinvengono, le perturbazioni che avvennero durante la loro produzione, e tutti gli altri argomenti relativi alla Storia del Globo avanti l'epoca attuale.

## Terreni sedimentarii della Francia.

| | | *Piano contemporaneo* (*) | | |
|---|---|---|---|---|
| *Attuale* | | | Alluvioni moderne, torbiere, depositi marini, ecc. | |
| *Quaternario* | | *Subapennino* | Sabbie, argille, ecc. (*lœss*, *lehm*, ecc.), con ossami di mammiferi, ecc. | |
| *Terziarii* | *Super.* | *Subapennino* | Sabbie, argille, ecc. ora marine, ed ora lacustri, della *Bresse*, ecc. | |
| | *Medio* | *Faluniano* | Arenarie di Fontainebleau, Montmorency, ecc.; *faluns* della Turenna, di Bordeaux, ecc. | |
| | *Infer.* | *Parigino* | Marne gessifere di Montmartre, ecc.<br>Calcare silicifero di Saint-Ouen.<br>Arenarie di Beauchamp.<br>Calcare grossolano di Parigi, ecc. | |
| | | *Suessoniano* | Argilla plastica di Parigi, e rocce nummulitiche del mezzodì. | |
| *Cretaceo* | *Creta* | *Daniano*<br>*Senoniano* | Calcare pisolitico di Parigi, ecc.<br>Creta bianca (*craie blanche*). | Calcari a caprotine, ippuriti, ec del mezzodì. |
| | *Gault* | *Turoniano*<br>*Cenomaniano*<br>*Albiano* | Creta tufacea (*craie tuffeau*).<br>Creta terrosa verde (*craie verte*), ecc.<br>Sabbie verdi (*grès vert superieur*). | |
| | *Neocomiano* | *Aptiano*<br>*Neocomiano* | Marne e arg. a plicatule (*grès vert inf.*)<br>Marne ad ostriche, sabbie ferruginose, ecc. | |
| *Giurese* | *Oolite* | *Portlandiano*<br>*Kimmeridgiano*<br>*Coralliano*<br>*Oxfordiano*<br>*Calloviano*<br>*Batoniano*<br>*Bajociano* | Calcare compatto bianco, ecc.<br>Marne con *Gryphœa virgula*, argille di Honfleur.<br>Calcare a coralli, encrini, *Diceras arietina*, ecc.<br>Argille con *Am. cordatus, canaliculatus*, ecc.<br>Argilla di Dives, con *Gryphœa dilatata*, ecc.<br>Calcare, ooliti, con coralli e ammoniti.<br>Marne ed oolite ferruginosa, ecc. | |
| | *Lias* | *Toarciano*<br>*Liasiano*<br>*Sinemuriano* | Calcari con selci, ecc., con *Am. bifrons*, ecc.<br>Argille e calcari oscuri con *Am. margaritatus*, *Gryphœa cymbium*, ecc.<br>Calcare a *Gryphœa arcuata*, e arenarie. | |
| *Triasico* | | *Saliferiano* | Marne iridate (*Marnes irisées*). | |
| | | *Conchigliano* | Calcare conchiglifero (*Calcaire conchylien* o *coquillier*).<br>Arenaria variegata (*Grès bigarré*). | |
| *Paleozoici* | | *Permiano* | *Grès des Vosges*, arenaria rossa propria dei monti Vogesi.<br>*Calcaire magnésien*, Calcare magnesiaco.<br>*Grès rouge*, arenaria rossa. | |
| | | *Carbonifero* | *Grès houiller*, Arenaria col carbon fossile.<br>*Calcaire carbonifère*, Calcare marino. | |
| | | *Devoniano* | Puddinghe (*vieux grès rouge*) e scisti con antraciti della Brettagna, scisti con antraciti, marmo nero di Givet, puddinghe, ecc. (*Terr. anthraxifère* del Belgio). | |
| | | *Siluriano* | Scisti, arenarie, filladi, calcari bituminosi, marmi, ecc. della Brettagna. | |

(*) Classificazione secondo D'Orbigny.

## Terreni sedimentarii dell' Inghilterra.

| Periodo | Suddivisione | Piano | Depositi |
|---|---|---|---|
| *Attuale* | | | Alluvioni moderne, torbiere, depositi marini, ecc. |
| *Quaternario* | | | *Postpliocene;* alluv. antiche, massi erratici, ossami di mammif., ecc. |
| *Terziarii* | | | *Nuovo pliocene o pliostocene:* depositi di antichi ghiacciai (*drift*). |
| | *Super.* | *Antico pliocene* | *Red-crag,* marne rosse, ecc.<br>*Coral-crag,* marne con selci, coralli, ecc. |
| | *Medio* | *Miocene* | Diversi depositi marini, ligniti, ecc. |
| | *Infer.* | *Eocene* | Depositi di acqua dolce e marini dell'isola Wight, ecc.<br>Sabbia, silice e marne di Bagshot.<br>Argilla di Londra (*London-clay*).<br>Conglomerati e argille diverse. |
| *Cretaceo* | | *Superiore* | Creta con selci.<br>Marne calcaree (*Chalk-marl*).<br>Grès verde superiore (*Upper-green-sand*).<br>Marne colorite e argilla plastica (*Gault*). |
| | | *Inferiore* | Grès verde inferiore (*Lower-green-sand*). |
| *Giurese* | *Oolite* | *Gruppo (*) wealdiano* | Argilla di Weald (*Weald-clay*).<br>Sabbie di Hasting (*Hastings-sand*).<br>Calcare di Purbeck (*Purbeck-beds*). |
| | | *Gruppo di Portland* | Calcare di Portland (*Portland-limestone*).<br>Marne di Kimmeridge (*Kimmeridge-clay*). |
| | | *Gruppo oxfordiano* ovvero *Oolite inferiore* | Oolite pisolitica ferruginosa (*Oxford-oolite*).<br>Calcare a coralli (*Coral-rag*).<br>Arenaria calcarea (*Calcareous-grit*).<br>Argilla di Oxford (*Oxford-clay*).<br>Arenarie, calcari, ecc. di Kellovay (*Kelloway-rocks*). |
| | | *Gruppo di Bath* ossia *Oolite inferiore* | Calcare grossolano (*Corn-brash*).<br>Calcare fossilifero, marmi, ecc. (*Forest-marble*).<br>Argilla di Bradford (*Bradford-clay*).<br>Grande oolite (*Great-oolite*).<br>Scisti di Stonesfield con mammiferi e rettili.<br>Argilla da folla (*Fullers-earth*).<br>Oolite inferiore (*Inferior-oolite*)<br>Oolite ferruginosa (*Ferruginous-oolite*).<br>Arenaria marnosa (*Marly-sandstone*). |
| | *Lias* | *Lias* | Scisti liassici superiori (*Upper-lias-shale*).<br>Marne, ecc. con grifee (*Iron and marl-stone*).<br>Calcare a grifee (*Blue and white lias*).<br>Scisti liassici inferiori (*Lower-lias-shale*). |
| *Triasico* | | | *Red-marls* o *variegated-marls*, marne rosse o variegate.<br>*New-red-sandstone* o *variegated-sandstone*, nuova arenaria rossa. |
| *Paleozoici* | *Permiano* | | *Magnesian limestone*, calcare magnesifero.<br>*Lower-new-red-sandstone*. nuova arenaria rossa inferiore. |
| | *Carbonifero* | | *Carboniferous-grit, Coal-measures*, arenaria carbonifera.<br>*Millstone-grit*, arenaria da macine.<br>*Mountain-limestone*, calcare di monte. |
| | *Devonico* | | *Old-red-sandstone*, arenaria rossa antica.<br>*Corn-stone*, marne variegate, ecc. con concrezioni.<br>*Tile-stone*, scisto ardesiaco. |
| | *Silurico* | | Scisti, calcari, arenarie, ardesie, ecc. di Ludlow, Caradoc, Llandeilo, ecc. |

(*) Tutto giurese secondo alcuni autori; neocomiani i depositi di Weald e di Hasting secondo altri.

## Terreni sedimentarii delle Alpi Francesi, Svizzere e Austriache.

| Terreno | | Descrizione | | |
|---|---|---|---|---|
| *Attuale e Quaternario* | | Alluvioni moderne e antiche, torbiere, depositi di sabbie, argille, caverne ossifere, ecc. | | |
| *Terziari* | *Superiore e Medio* | Gonfolite e altre rocce analoghe.<br>Molasse di acqua dolce e marine, in cui abbondano più i fossili pliocenici che i miocenici. | | |
| | *Inferiore* | *Flysch,* macigno e calcari con nummuliti e fucoidi. | | |
| *Cretaceo* | | Calcare a catilli, ecc.<br>Calcari neri a grani verdi e rossi<br>Calcari a caprotine<br>Calcare nero e scisti con spatanghi<br>} della Svizzera. | Calc. grigi, ferruginosi, cloritici, neri, ecc. delle Alpi Francesi. | Calcari e marne di Gosau, Rossfeld, Schrambach, ecc. in Austria. |
| *Giurese* | *Oolite* | Marne con *Gryphæa virgula*<br>Marne poco sviluppate<br>} delle Alpi occidentali. | | |
| | | Marne e calcari ad astarti *(Calcaire sequanien)*<br>Calcari a nerinee.<br>Calcare a coralli.<br>Calcare nodoso (*Terrain à chailles*).<br>Marne e argille a belemniti *(T. argovien)*. | | Calcari di Plassen. Calcare con aptichi. Calcari di Klaus, Alp, Vils, ecc. |
| | | Calcare madreperlaceo *(Dalle nacrée)*.<br>Calcare oolitico.<br>Marne diverse *(Marnes vésouliennes)*.<br>Oolite compatta *(Calcaire laidonien)*.<br>Oolite ferruginosa. | | |
| | *Lias* | Arenarie e marne con *Ammonites opalinus*.<br>Marne brune.<br>Scisti bituminosi con posidonomie.<br>Marne e arenarie a grifee. | | Calcari di Adneth, di Kössen, di Dachstein (col *megalodus triqueter*), ecc. |
| *Triasico* | | Gruppo di S. Cassiano, e lumachella di Bleiberg.<br>*Keuper,* marne iridate.<br>*Muschelkalk,* calcare conchiglifero.<br>*Bunter Sandstein,* arenaria variegata. | | Calcari fossiliferi di Hallstadt, ecc.<br>Calc. di Guttenstein.<br>Arenarie di Werfen. |
| *Paleozoico* | | Gruppo di rocce analogo al *Verrucano* della Toscana. | | |
| | | Scisti di vario colore, ardesiaci, micacei, ecc. della Svizzera; calcari, arenarie, ecc. di Bleiberg, Stangalpe, ecc. *(carboniferi);* di Disten nel Salisburghese *(silurici)*, ecc. nelle Alpi Austriache. | | |

**Terreni sedimentarii della Germania.**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Attuale* | | Alluvioni moderne, torbiere, depositi marini, ecc. | | |
| *Quaternario* | | Sabbie, argille, ecc. *(Lehm, Lœss,* ecc.*)*, massi erratici, ecc. | | |
| *Terziarii* | *Super.* | Sabbie, marne, argille, ecc. con ossa d'elefanti, ecc. | | |
| | *Medio* | Sabbie e calcari con ossa fossili.<br>Calcare con lignite, ossa fossili, ecc. *(Leitha-Kalk).*<br>Sabbre gialle e marne azzurre *(Tegel).*<br>Sabbia silicea bianca. | Rocce diverse del bacino di Vienna | |
| | *Infer.* | Argille e marne della pianura settentrionale. | | |
| *Cretaceo* | *Superiore* | Depositi di Maestricht.<br>*Obere Quadersandstein.*<br>*Plänerkalk, Kreide.*<br>*Plänersandstein.*<br>*Exogyrensandstein.*<br>*Untere Quadersandstein.* | Calcari e arenarie diverse con fossili speciali. | |
| | *Inferiore:* | Diversi conglomerati. | | |
| *Giurese* | *Weald* | Argille, conglomerati *(Hils)*, ecc. dei paesi settentrionali. | *Giura bianco* | Del Würtemberg. |
| | *Portl.* | Marne, con pochi fossili. | | |
| | *Gruppo Oxford.* | Ooliti con *gryphœa dilatata.*<br>Dolomia senza fossili.<br>Calcari a coralli (*Korallenkalk).*<br>Calcari ed ooliti diverse.<br>Argilla simile a quella di Oxford. | | |
| | *Gruppo di Bath* | Calcari diversi.<br>Arenarie fossilifere *(Dogger).* | *Giura bruno* | |
| | *Lias* | Scisti con posidonie<br>Arenarie e marne con belemniti.<br>Calcare a grifee *(Gryphiten-Kalk).*<br>Arenarie inferiori. | *Giura nero* | |
| *Triasico* | | *Keuper, Bunte Mergel,* marne iridate, scisti fossiliferi *(Lettenkohle).*<br>*Muschelkalk,* calcare conchiglifero.<br>*Bunter-sandstein,* arenaria variegata. | | |
| *Paleozoico* | *Permiano* | *Zechstein* { Calcari e dolomie sotto i nomi di *Zechstein, Rauchwacke, Asche,* ecc.<br>*Rothe-todte-liegende* (Gruppo dell'arenaria rossa). | *Kupferschiefer*<br>*Rothe-liegende.* | |
| | *Carbonifero* | *Kohlensandstein,* arenaria del carbon fossile.<br>*Kohlenkalk* o *Bergkalk,* calcare del carbon fossile o calcare di monte. | | |
| | *Devonico (Jüngere Grauwacke)* | Calcare a posidonie.<br>Scisti a cipridine, e calcare a goniatiti.<br>Calcare a strigocefali.<br>Arenaria con spiri e scisti argillosi. | *Sistema renano* del Nassau. | |
| | *Silurico (Untere Grauwacke)* | Scisti, arenarie, grovacche, ardesie, ecc., della Boemia. | | |

## Alcune altre sinonimie dei terreni sedimentarii.

| Werner | Brongniart | D'Omalius d'Halloy | De la Bèche | Phillips | Classificazione adottata | | Sinonimie speciali di varii autori |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Alluviali* | *Alluviens Lysiens* | *Modernes* | *Moderni* | *Moderni* | *Moderni* | *Attuale* | *Postdiluviali* di varii autori. *Drift* dei Geologi inglesi e americani. |
| *Diluviali* | *Clysmiens* | *Tertiaires* | *Supracretacei* | *Neozoici* — *Cenozoici* | | *Quaternario* | *Diluviale, Erratico, Diluvium*, ecc. di varii geologi, collocato da moltî geologi nei terreni terziarii. |
| *Terziarii* | *Yzémiens thalassiques* | | | | *Terziarii* | *Super.* | Formano il *terrain paléothérien* di Cordier. |
| | | | | | | *Medio* | L'inferiore, e secondo D'Orbigny la sola sua parte inferiore (*étage suessonien)* fu detta *terreno epicretaceo* da Leymerie, *etrurio* da Pilla, *nummulitico* da altri. |
| | | | | | | *Infer.* | |
| *Secondari* | *Yzémiens pélagiques* | *Ammonéens* | *Cretacei* | *Mesozoici* | *Secondarii* | *Cretaceo* | |
| | | | *Oolitici* | | | *Giurese* | |
| | *Yzémiens abyssiques* | | *Grès rosso* | | | *Triasico* | *Vosgien* di Rozet. *Nouveau grès rouge* di alcuni autori francesi. *Keuprique* di Huot — *Periode salino-magnesienne* di Cordier. |
| | | | | *Paleozoici* | *Primarii o paleozoici* | *Permiano* | *Pénéen* di Beudant. *T. psammerithrique* di Huot. |
| | | *Hemilysiens* | *Carbonifero* | | | *Carbonifero* | *T. anthraxifère* di Cordier. |
| *Di transizione* | *Hémilysiens* | | *Grauwacke* | | | *Devonico* | *Terrains des grès pourprés* di Cordier. *T. paléo-psammerithrique* di Huot. *Vieux grès rouge* di alcuni autori francesi. *T. anthraxifère* di D'Omalius d'Halloy. *Terrains de transition inferieurs* di E. De Beaumont e Dufrénoy. |
| | | | | | | *Silurico* | *Terrains de transition supérieurs* e *cumbriens* di E. de Beaumont e Dufrénoy. *Phylladique* e *Ampèlitique* di Cordier. *T. ardoisier* di D'Omalius D'Halloy. |

**Terreni sedimentarii di Lombardia.**

| | |
|---|---|
| *Attuale* | Torbiere, depositi dei fiumi, delle sorgenti, ecc. |
| *Quaternario o Pliostocenico* | Depositi irregolari di sabbie, argille, ecc.; massi erratici, morene ed altri avanzi degli antichi ghiacciai.<br>Depositi regolari di sabbie. argille, ecc., con ossami di mammiferi, di tutta la pianura lombarda, di Gandino, ecc.; caverne ossifere di Laglio, Levrange, ecc. |
| *Terziarii* — *Super. e Medio* | Terreno subapennino di S. Colombano, della Folla, di Nese, Castenedolo, ecc.<br>Arenarie superiori della Brianza. |
| *Terziarii* — *Infer.* | Rocce nummulitifere della Brianza, del Varesotto, ecc. |
| *Cretaceo* | Calcare a catilli.<br>Puddinga di Sirone e del Bergamasco.<br>Arenarie psammitiche, ecc.<br>Scisto calcareo-marnoso a varii colori, ecc. |
| *Giurese* | Majolica.<br>Calcare rosso con aptichi.<br>Calcare rosso con ammoniti.<br>Calcari e marmi di Arzo, Saltrio, Viggiù, ecc<br>Dolomia superiore.<br>Banco madreporico.<br>Deposito fossilifero dell'Azzarola presso Lecco, che corrisponde esattamente agli strati di Kössen delle Alpi Austriache. |
| | Lumachelle.<br>Scisti marno-carboniosi e fossiliferi di Bene, Guggiate; Taleggio, ecc. |
| *Triasico* | Calcare conchiglifero di Esino, e dolomia media.<br>Rocce variegate di Dossena, Gorno, ecc., e rocce fossilifere delle stesse località, rappresentanti gli strati di Raibl delle Alpi Austriache.<br>Scisti neri con pesci e rettili di Perledo, marmo nero di Varenna, ecc.<br>Dolomia inferiore, con fossili del vero *Muschelkalk* della Germania, della Francia e dell'Inghilterra. |
| *Paleozoico (Carbonifero?)* | Arenarie e puddinghe rosse, conglomerati a cemento steatitico, scisti talcosi, ecc. paragonabili per la loro posizione e natura mineralogica al *Verrucano* della Toscana, che è del *terreno carbonifero*.<br>Scisti neri, talcosi e silicei, inferiore al precedente. |
| | Gneiss e micascisti. |

**Terreni sedimentarii del Tirolo, del Veneto e dell'Istria.**

| | | |
|---|---|---|
| *Attuale* | | Torbiere, depositi di sorgenti, di fiumi, ecc |
| *Erratico* | | Alluvioni antiche, depositi regolari ed irregolari, argille con ossa fossili, ecc. |
| *Terziarii* | *Super.* | Marne azzurrognole, argille, sabbie e molasse. |
| | *Medio* | Arenarie, marne, gomfoliti, ecc. con cerizii ed altri fossili. |
| | *Infer.* | Brecciole basaltiche, marne ed arenarie con nummuliti. Calcare marnoso con pesci del Monte Bolca. Scisti con fucoidi. |
| *Cretaceo* | | Calcare marnoso di vario colore, sotto il nome generale di *scaglia*.<br>Calcare con ippuriti.<br>Calcare bianco, argilloso.<br>Calcare bianco, neocomiano, detto *biancone*. |
| *Giurese* | | Calcare rosso ammonitico.<br>Marmi con fossili.<br>Calcare bigio, scisti liassici e dolomia. |
| *Triasico* | | Marne ed arenarie variegate.<br>Calcare conchiglifero.<br>Marne variegate. |
| *Paleozoico* | | Calcare sabbioso del Monte Spizze.<br>Arenaria rossa con tracce di carbon fossile e vegetali dell'epoca permiana. |

**Terreni sedimentarii degli Stati Sardi di Terraferma.**

<table>
<tr><td>Erratico</td><td colspan="3">Alluvioni della valle del Po, antiche morene, massi erratici ed altre tracce di antichi ghiacciai nelle colline subalpine, brecce ossifere, depositi fossiliferi che fanno un passaggio ai terreni inferiori.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Terziario</td><td colspan="3">Sabbie gialle, marne azzurrognole ed arenarie con fossili pliocenici, dell'Astigiano, della Liguria, ecc.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Marne, arenarie, ecc., con fossili misti, pliocenici e miocenici, di Castel Rochero, ecc.<br>Molasse con soli fossili miocenici, di Acqui, Novi, Mondovì, Ceva, Portofino, Cadibona, ecc.<br>Molasse con fossili miocenici e col calcare concrezionato con mummuliti, da Acqui a Ponzone, di Santa Giustina, Crea, Cascinelle, Voltaggio, Pietra Bissara, ecc.</td></tr>
<tr><td>Marne, arenarie e calcari con fucoidi.<br>Arenarie del gruppo del macigno.<br>Calcari ed arenarie con nummuliti.<br>Scisti galestrini della Spezia.</td><td colspan="2">Scisti metamorfici, ardesie, ecc. degli Apennini liguri.</td></tr>
<tr><td>Cretaceo</td><td colspan="3">Marne arenarie e calcari argillosi o con selci.<br>Calcare giallo chiaro e dolomia della contea di Nizza, e calcare e marmo portoro della Spezia.</td></tr>
<tr><td>Giurese</td><td>Scisti varicolori e calcare ammonitico della Spezia.<br>Calcari diversi della Liguria.</td><td>Calcari e dolomie con fossili liassici.</td><td rowspan="3">Terreno antracitifero delle Alpi piemontesi e della Savoia.</td></tr>
<tr><td>Triasico</td><td>Calcari, dolomie, gesso ed arenaria screziata della Liguria.</td><td>Dolomie cavernose e gessi.</td></tr>
<tr><td>Paleozoico</td><td>Arenarie a cemento steatitico, rosse ecc., scisti ardesiaci, ecc. del gruppo del verrucano, della Liguria.</td><td>Arenarie rosse, a cemento steatitico, ecc., scisti talcosi, ardesie, ecc. con impronte di vegetali del terreno carbonifero.</td></tr>
</table>

## Terreni sedimentarii della Toscana e della Romagna.

| | | |
|---|---|---|
| *Attuale* | | Dune del litorale, travertini delle sorgenti termali, torbiere, conglomerati del litorale, *panchina* di Terra Nuova, alluvioni fluviali, gessi, ecc. |
| | | *Panchina recente* di Livorno, gomfoliti e marne nelle valli, alluvioni antiche, tufi calcarei, travertini, brecce ossifere, ecc., con avanzi umani e di specie animali eguali od analoghe alle viventi. |
| *Terziarii* | *Super.* | *Panchina* di Pisa, Volterra e Siena, sabbie gialle, argille turchine, marne calcaree, caverne ossifere, ecc. con avanzi di pachidermi, conchiglie analoghe alle viventi, ecc. |
| | *Medio* | *Panchina antica,* calcari, gomfoliti, conglomerati ofiolitici, arenarie scistose, combustibili fossili, ecc., con fossili miocenici. |
| | *Infer.* | Calcare detto *alberese* con fucoidi; arenaria compatta detta *macigno;* calcari con nummuliti; argille scistose a varii colori *(scisti galestrini superiori)* e *pietra colombina,* che fanno passaggio alle rocce cretacee. |
| *Cretaceo* | | *Pietra colombina* e *scisti galestrini inferiori,* calcari diversi e calcare psammitico (*pietra forte).* |
| | | Calcare grigio-cupo con selci, fossili, ecc., alterato in dolomie e nel *marmo portoro.* |
| *Giurese* | | *Scisti varicolori* e calcare marnoso della Catena metallifera.<br>Scisti e calcare ammonitifero della Spezia.<br>Calcare grigio-chiaro dei Monti Pisani.<br>Calcare ammonitifero rosso.<br>Calcari grigi, marmi statuarii, ceroidi, *mischii, broccatelli, ecc.,* del gruppo del *calcare salino.* |
| *Triasico* | | Calcare grigio-cupo senza selci, con fossili triasici; e *bardigli.* |
| *Paleozoico Gruppo del Verrucano* | | Psammiti quarzoso-talcose, anageniti, quarziti, ecc.<br>Scisti filladici, con antraciti, grafite, ecc., contenenti fossili animali e vegetali del terreno carbonifero.<br>Scisti nodulosi inferiori. |

# DELLE FAUNE SUCCESSIVE

O MEGLIO

## Delle modificazioni avvenute nella vita animale durante le epoche antistoriche.

---

(Alle pagine 179, 185 e 195).

« È un fatto incontestato che ogni terreno, preso in generale, ha un certo numero di fossili a lui proprii e che lo caratterizzano in tutte le parti del mondo. I terreni più antichi contengono dovunque le caratteristiche trilobiti, nei soli terreni secondarii si trovano le ammoniti, e tra queste, alcune sono proprie del terreno giurese, altre del solo terreno cretaceo; i terziarii hanno altri fossili caratteristici, e così via.

« Allettati da questi primi risultati della paleontologia stratigrafica, alcuni naturalisti (e loro capo fu il D'Orbigny) si diedero a studiare più minutamente certe regioni limitate, e spesso assumendo come specie distinte semplici varietà individuali od accidentali di una sola specie, giunsero a trovare che ogni terreno vi può essere diviso in varie parti, che chiamarono *piani*, e che ognuna di queste parti ha un complesso di fossili a lei proprio e differente da quello degli altri piani. Nè contenti di questo, vollero generalizzare le loro idee, estendendole a tutta la superficie del globo, e sostennero che per tutta la superficie terrestre vi ebbe una trentina di epoche distinte, separate da altrettanti cataclismi generali; che ognuno di quei cataclismi diè morte a tutti gli animali viventi su tutta la terra nell'epoca che la precedette, e quella generale estinzione di specie fu seguita dalla comparsa di altre specie, destinate a vivere fino al successivo cataclisma generale; e che quindi si devono trovare dovunque le stesse suddivisioni in piani distinti e caratterizzati sempre dagli stessi fossili, che in quel ristretto paese più minutamente studiato.

« Se questa teoria fosse vera, renderebbe facilissimo lo studio della Geologia, caratterizzando nettamente con fossili speciali ciascuno di quei piani, giacchè, per decidere in qualunque paese a quale di essi piani appartenga uno strato, basterebbe l'esatta determinazione anche di un solo fossile in esso raccolto; e il trattato elementare che sviluppa quella teoria (*Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie stratigraphiques* par M. Alcide D'Orbigny) sarebbe un vero tesoro per tutti quelli che si occupano di paleontologia stratigrafica; ma, bisogna pur dirlo, più numerose ricerche vennero ben presto a fornire abbondanti fatti contro quella teoria, benchè appoggiata sull'autorità di grandi nomi e da molti ossequiosamente tuttora seguita.

« Se in qualche parte della Francia, nel bacino di Parigi, per esempio, esistono realmente sovrapposti tanti gruppi di strati, caratterizzati da altrettante faune distinte, si trovarono in molte altre parti della stessa Francia molti strati, nei quali sono miste insieme certe specie che nel bacino di Parigi si trovano sempre separate in piani diversi; frequenti dispute sorsero sulle semplici varietà d'una stessa specie che da quei paleontòlogi furono prese per specie distinte, a fine di

poter dire che la stessa specie non si trova mai in due piani diversi e che due piani differenti hanno sempre specie differenti; e per tal modo, già nella stessa Francia, si andò a poco a poco perdendo la fede in quella sistematica suddivisione dei terreni in tanti piani nettamente distinti tra loro.

“ Analoghe eccezioni si rinvennero in altri paesi, ed anche in Italia. La presenza nel calcare rosso di Lombardia, dell'Apennino e della catena metallifera, e negli scisti fossiliferi della Spezia, di ammoniti caratteristiche di tutti i piani del terreno giurese in Francia; l'esistenza di fossili cretacei nel terreno nummulitico dell'Istria; il miscuglio di fossili miocenici e pliocenici in alcuni strati del Monferrato e di altre parti d'Italia; le fucoidi eoceniche, che si trovano in Toscana negli strati con fossili cretacei. sono le eccezioni alla teoria in questione sino ad oggi ben comprovate in Italia, se pure si può chiamar *teoria* questa, che presenta eccezioni così forti e così ripetute su tutta la superficie della terra.

“ Una spiegazione di questo vario modo con cui sono disposti i fossili negli strati sedimentarii dei diversi paesi, si può trovare nel non essere state universali quelle commozioni che separarono le diverse epoche geologiche: mentre l'opinione contrastata dai fatti ora citati si appoggia sulla falsa idea, che quelle commozioni siano state universali e capaci di dar morte in uno stesso tempo a tutti gli animali sparsi su tutta la superficie terrestre.

“ Supponiamo che al principio dell'epoca giurese, tanto nella regione ora occupata dalla Francia, quanto in quella in cui ora si trova l'Italia, abbiano vissuti gli stessi animali: conseguenza naturale ne sarà il trovare tra i fossili contenuti nei primi sedimenti giuresi d'Italia alcune specie proprie dei sedimenti di Francia della stessa epoca.

” Ammettono i geologi che dopo la formazione di quei primi sedimenti giuresi sia avvenuta una di quelle commozioni, per le quali si sono formate nuove montagne e prodotte tante mutazioni nella distribuzione dei continenti, dei mari, dei climi, ecc.: supponiamo che quella commozione non sia stata egualmente forte nei due paesi, e che i suoi effetti siano stati molto più considerevoli in Francia che in Italia. Il rapido moto e l'intorbidarsi delle acque, il mischiarsi delle acque dolci con quelle del mare, il calore sviluppato dalle rocce ignee emerse, le emanazioni sorte dalle fessure del suolo, e tante altre cause avranno potuto dar morte in Francia a tutti gli animali che l'abitavano dapprima, ed una nuova quantità di specie, espressamente create o provenienti da altri paesi o in altro modo novellamente arrivate in Francia, avranno potuto rimpiazzare le estinte; in Italia invece avranno potuto continuare a vivere tutte quelle di prima, o saranno avvenute soltanto lievissime modificazioni nella loro distribuzione e nel loro numero. I nuovi sedimenti formati poscia in Francia avranno perciò differito da quelli dell'epoca precedente non soltanto per la diversa stratificazione e per altri caratteri geologici o mineralogici, ma anche per gli avanzi degli animali in essi contenuti; in Italia, invece, i nuovi sedimenti avranno potuto formarsi in stratificazione concordante sopra quelli dell'epoca precedente, cogli stessi componenti mineralogici e con un complesso di avanzi animali quasi interamente eguale, in modo da non poterne essere distinti.

“ Supponiamo che anche gli effetti delle altre quattro o cinque commozioni simili alla prima, avvenute durante tutta l'epoca giurese, siano stati considerevoli in Francia, nulli o quasi nulli in Italia; i sedimenti giuresi della Francia saranno risultati divisi in cinque o sei piani diversi, caratterizzati da altrettante faune distinte e speciali, e quelli formati in Italia nella stessa epoca si troveranno connessi intimamente fra loro, avranno tutti appress'a poco gli stessi fossili, e riuscirà impossibile dividerli in tanti gruppi rispondenti a quelli di Francia.

« Il fatto che nel terreno giurese d'Italia si trovano insieme confusi molti fossili, che in Francia sono regolarmente distribuiti nei diversi piani in cui esso terreno è diviso, prova chiaramente che le precedenti supposizioni non differiscono gran fatto da ciò che dev'essere realmente avvenuto, vale a dire che nel nostro paese l'epoca giurese non fu, come in Francia, divisa in varie parti da commozioni generali e capaci di dar origine ad altrettante faune differenti.

« Lo stesso si può ripetere per le altre epoche, cretacea, eocenica, ecc., durante le quali si sono formati in Francia tanti piani ben definiti pei loro fossili, e in Italia andarono mutandosi a poco a poco gli animali, per effetto delle continue variazioni nella geografia fisica dell'Europa, così che non è possibile stabilirvi quelle divisioni dei terreni così nette e decise, e facili a riconoscersi in Francia.

« Estendendo a tutti i paesi ed a tutte le epoche geologiche le considerazioni accennate, e variandole convenientemente, si trova doversi alla fine conchiudere. che i periodi e le epoche geologiche « si devono intendere come parti successive « d'un tutto, il quale indefinitamente si continua, così come le ore del giorno e i « secoli dell'antichità, che distinguiamo per comodità di linguaggio, ma non hanno « in realtà limite che li divida »; che molte e molte specie, delle quali i fossili non sono che pochi rappresentanti, cominciarono a vivere e durarono per un tempo più o meno lungo e scomparvero, ma non si succedettero le une alle altre in tante faune e flore successive corrispondenti esattamente ad altrettante epoche geologiche; che in generale il carattere paleontologico di ciascun'epoca e di ciascun periodo è costituito dall'insieme della fauna e della flora; che se in qualche regione ristretta ogni terreno si può suddividere in piani distinti per altrettante faune e flore speciali, ciò si deve ad una successione di condizioni climatologiche e geografiche, le quali impedirono alle specie che vi si succedettero le une alle altre, di vivere così lungamente come in altri paesi; e finalmente, che questi fatti speciali hanno tuttavia un'alta importanza, per le cognizioni che ci possono fornire relativamente allo stato geografico della terra ad ogni epoca geologica, ed ai successivi cangiamenti avvenuti nei climi e nello stato fisico della superficie terrestre.

« Se poi si considerano le alterazioni prodotte nelle direzioni degli strati dalle rocce emersorie e da una serie di altre cause accidentali e locali, si vede quanta incertezza debba regnare anche nello studio dei sistemi montuosi e della loro età relativa, e con quanta ragione uno dei primi geologi italiani abbia potuto giungere alla seguente conclusione: « I fatti dimostrano che il passaggio dalla fauna e dalla « flora attuale alle più antiche è successivamente graduato; che le formazioni le « più diverse per epoca relativa si susseguono in tratti estesissimi di paese ed « anzi nella generalità dei casi con perfetta concordanza e con graduato passaggio; « che i movimenti del suolo, i quali localmente causarono le discordanze delle « stratificazioni, non presentano correlazione necessaria di epoca colle divisioni « cronologiche suggerite dalla paleontologia, nè legame di contemporaneità in tutte « le direzioni parallele ».

« Triste scoperta, potrebbe esclamare qualcuno, giacchè mentre quel semplice « sistema dava una comoda chiave ad interpretare ogni cosa, ed il rinvenimento « d'una conchiglia caratteristica o la determinazione della direzione di uno strato « era sufficiente a riconoscerne l'epoca geologica, ora questi dati si dicono insuffi- « cienti, ed altri se ne richiedono numerosi e difficili, nè sempre possibili a rile- « varsi. Ma tra il falso sapere e la confessata e incolpevole ignoranza non può « esitare la scelta (1) ».

(1) MENEGHINI, *Discorso sulla attuale scienza geologica*, in occasione della Laurea in scienze naturali di Francesco Carega. Pisa, 1853.

Questo io scriveva nei *Cenni sullo stato geologico dell'Italia* pubblicati nell'agosto del 1856, desumendolo dai fatti e dagli scritti fino a quell'epoca a me noti. Più tardi comparve alla luce un esteso lavoro premiato dall'Accademia delle Scienze di Parigi, *sulle leggi dello sviluppo del mondo organico durante la formazione della crosta terrestre*, d'un distintissimo naturalista, il quale più che molti altri e in migliori circostanze ha studiato l'argomento in quistione (1).

Da questo lavoro risultano comprovati i seguenti fatti:

1.° Gli animali e i vegetali comparvero nello stesso tempo, fin dal principio della formazione dei depositi sedimentali.

2.° I primi viventi furono tutti o quasi tutti marini perchè la terra era totalmente o quasi totalmente coperta dalle acque del mare.

3.° Le prime specie erano diffuse egualmente in tutte le parti del globo, perchè allora v'era dappertutto lo stesso clima, molto caldo in conseguenza del calore proprio della terra.

4.° A poco a poco si formarono le isole e i continenti, andarono sempre più distinguendosi diversi climi, e quindi le specie di viventi furono sempre meno estesamente diffuse, e si produssero faune e flore topografiche sempre più distinte nei diversi paesi.

5.° Colle prime terre emerse e coi primi continenti comparvero i primi animali e vegetali terrestri e d'acqua dolce.

6.° L'insieme dei viventi andò gradatamente avvicinandosi all'attuale; non però perfezionandosi, ma adattandosi alle esterne circostanze, così che vissero mammiferi ed uccelli anche in epoche antiche, ma non divennero numerosi, se non quando poterono trovare cibo sufficiente, aria non troppo carica d'acido carbonico, e tutte le altre circostanze favorevoli alla loro esistenza.

7.° Non vi furono vere *faune successive*, l'una dopo l'altra comparse e distrutte, cioè non è vero che la prima serie di animali comparsa sia stata distrutta da un generale cataclisma, che poi ne sia comparsa una seconda e sia stata distrutta da un secondo cataclisma, e così via; ma la *comparsa* o, come dice l'autore, la *creazione fu continua*, ciascuna specie ebbe una durata assai varia, e ciascun terreno può avere fossili proprii o misti secondo le circostanze.

8.° Sono avvenuti cataclismi locali e non generali, così da cambiare totalmente e subitamente la fauna d'un paese, facendovi perire tutti gli animali od obbligandoli a passare in altro paese, senza però cambiare nello stesso tempo la fauna di tutta la terra.

9.° Quando in un dato paese ritornarono circostanze propizie a certe specie, che da quello erano passate in un altro paese, esse vi ritornarono e vi ripresero a vivere per tutta la durata di quelle circostanze, producendo le così dette *colonie*, rimarcate da un distinto paleontologo nei terreni più antichi della Boemia.

10.° In conseguenza dei fatti precedenti, quando due terreni non furono divisi in un dato paese da un cataclisma capace di distruggere o traslocare tutte le specie, v'ha un *passaggio* dall'uno all'altro, quanto ai fossili che vi sono contenuti, cioè si passa dalla fauna dell'uno alla fauna dell'altro col mezzo di un certo numero di specie comuni ad ambedue.

Questa è la *regola generale*, che si osserva quasi in tutti i paesi, quando i terreni non sono in istratificazione discordante; e sembra avverarsi anche per i ter-

(1) **Bronn**, *Untersuchungen über die Entwikelungsgesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erdoberfläche.* — Stuttgard, 1858. — Vedansi anche i *Comptes rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi, e la *Bibliothèque de Genève* del marzo 1859.

reni dell'epoca attuale, e quelli dell'epoca precedente, così che è possibile che in certi paesi abbiano vissuto nello stesso tempo l'uomo, i mastodonti, gli orsi e gli altri animali, di cui troviamo gli avanzi nelle caverne, e nei così detti terreni *diluviali* o *quaternarii*, ecc. *Eccezioni* sono invece i terreni nettamente distinti l'uno dall'altro per mezzo di faune totalmente diverse.

Per meglio comprendere tutto questo che ho qui detto sulle modificazioni avvenute nella vita animale durante le epoche geologiche antistoriche, supponiamo che durante sei epoche geologiche. che chiamerò I, II, III, IV, V e VI, siano comparse, abbiano vissuto e si siano estinte le quindici specie *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*, *m*, *n*, *o*, ma che non siano comparse, nè si siano estinte tutte insieme, ma nel modo indicato nella seconda colonna della tabella qui unita. Supponiamo cioè che nella prima epoca siano comparse le tre specie *a, b, c,* e si sia estinta da sè e indipendentemente da ogni causa esterna la specie *b*, così come si estinsero in epoche storiche varie specie ben note ai zoologi, come per esempio il dodo, un'alca, un cetaceo, ecc.; che *a* si sia estinta durante l'epoca seconda, e *c* nella terza; che *d* sia comparsa nell'epoca seconda e scomparsa nella terza; che *e* abbia vissuto durante le epoche seconda, terza e quarta; ecc.

Supponiamo ora che nel paese A sia stata chiusa ciascun'epoca da un cataclisma capace di dar morte a tutti gli animali; le specie *a, b, c* vi avranno finito di vivere colla fine dell'epoca prima; nell'epoca seconda vi saranno comparse e alla sua fine vi avranno cessato di vivere le specie *d, e, f, g;* nell'epoca terza vi avranno vissuto soltanto le specie *h* ed *i,* nella quarta soltanto *j* e *k*, nella quinta soltanto *l, m* ed *n*, e nella sesta la sola *o*. In questo paese potranno dunque i geologi trovare il suolo formato di sei terreni ben distinti, con altrettanti gruppi speciali di fossili, cioè il terreno I colle specie *a*, *b*, *c*. il terreno II colle specie *d*, *e*, *f*, *g*, differenti da quelle del terreno I, il terreno III colle specie *h*, *i*, affatto diverse da quelle dei terreni I e II, e così via; da questo fatto reale potrebbero dedurre che su tutta la terra si possono distinguere sei terreni con altrettante faune speciali e caratteristiche, così che in qualunque luogo si trovi la specie *g* od *f*, vi debba esistere il terreno II, la specie *h* indichi sempre il terreno III ben distinto dal terreno II, e così degli altri. Ecco come hanno operato quei geologi e paleontologi che hanno voluto generalizzare troppo i risultati delle osservazioni fatte in un solo e ristretto paese,

Supponiamo ora che un secondo paese, B, non si sia trovato in circostanze tali da essere abitato se non al principio della terza epoca; vi saranno venuti a vivere tutte insieme le specie *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*. Supponiamo ora che tutto vi sia rimasto in calma durante le epoche terza, quarta e quinta, e che alla fine di questa si siano affatto cangiate le circostanze, in modo di farvi cessare interamente ogni vita. Le specie *c, d, f, h* vi si saranno naturalmente estinte durante l'epoca quarta, e vi saranno comparse le nuove specie *j* e *k*, per vivervi insieme colle rimanenti *e*, *g* ed *i;* nell'epoca quinta saranno sopravissute le sole specie *g, i, j* e *k*, e saranno comparse le nuove specie *l*, *m* ed *n;* tutte poi si saranno estinte alla fine di quest'epoca. Un geologo di questo paese B, il quale scrivesse ad uno di quelli che ammettono come vera soltanto la classificazione fondata sullo studio del solo paese A, e gli annunciasse esistere nel paese B insieme commisti i fossili che nel paese A sono nettamente separati, ne riceverebbe certamente questa risposta: « o voi non avete bene studiata la distribuzione dei fossili, o non li avete ben determinati, o il vostro paese fa eccezione alla regola generale ». E questa è infatti la risposta che i pochi geologi della scuola di D'Orbigny fanno a chi annuncia le numerosissime *eccezioni* di questo genere, che

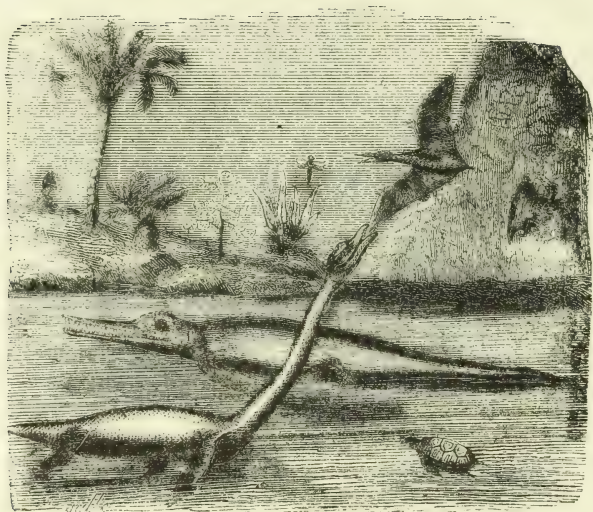
| Epoche | Specie fossili | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Durata normale delle specie | Nel paese *A.* | Nel paese *B.* | Nel paese *C.* |
| VI. | . . . . . . . . . *i* . *k l* . *n o* | . . . . . . . . . . . . . . . *o* | . . . . . . . . . . . . . . . | . . . . . . . . . *i* . *k l* . *n o* |
| V. | . . . . . . *g* . *i j k l m n* . | . . . . . . . . . . . . *l m n* . | . . . . . . *g* . *i j k l m n* . | . . . . . . . . . . . . . . . |
| IV. | . . . . *e* . *g* . *i j k l* . . . | . . . . . . . . . . *j k* . . . . | . . . . *e* . *g* . *i j k* . . . . | . . . . . . . . . . . . . . . |
| III. | . . *c d e f g h i* . . . . . . | . . . . . . . . *h i* . . . . . . | . . *c d e f g h i* . . . . . . | . . *c d* . . . . . . . . . . . |
| II. | . . *c d e f g* . . . . . . . . | . . . *d e f g* . . . . . . . . | . . . . . . . . . . . . . . . | . . *c d* . . . . . . . . . . . |
| | *a* . *c d e f g* . . . . . . . . | . . . *d e f g* . . . . . . . . | . . . . . . . . . . . . . . . | . . . . *e f g* . . . . . . . . |
| | *a* . *c d e f g* . . . . . . . . | . . . *d e f g* . . . . . . . . | . . . . . . . . . . . . . . . | *a* . *c d* . . . . . . . . . . . |
| I. | *a b c* . . . . . . . . . . . . | *a b c* . . . . . . . . . . . . | . . . . . . . . . . . . . . . | . . . . . . . . . . . . . . . |

si trovano nella maggior parte della superficie terrestre. Per buona ventura quei geologi della scuola di D'Orbigny vanno diminuendo di numero, e sempre più generalmente si ammette come legge generale quella che D'Orbigny chiama eccezione, e si vanno modificando in conseguenza le idee sulla storia della terra e dei mutamenti avvenuti alla superficie della terra.

Supponiamo finalmente che un terzo paese, C, abbia cominciato ad essere abitato col principio dell'epoca seconda, ma che per certe circostanze particolari non vi abbiano potuto vivere se non le specie *a*, *c* e *d*; che dopo qualche tempo sia avvenuto un cangiamento in queste circostanze, così che abbiano dovuto emigrare le specie *a*, *c* e *d*, e abbiano potuto venire in vece loro le specie *e*, *f* e *g*; che dopo un altro lasso di tempo siano ritornate le circostanze di prima e quindi siano ritornate anche le specie *c*, *d*, ma non l'*a*, perchè già estinta naturalmente; che per tutta la terza epoca non vi abbiano potuto vivere se non le specie *c*, *d*; che nella quarta e quinta epoca non vi abbia potuto vivere alcun animale; e che nella sesta siano venuti ad abitarlo le specie *i*, *k*, *l*, *n* ed *o*, proprie di quell'epoca. Un geologo, che esaminasse soltanto questo paese, dividerebbe subito il suo suolo in quattro terreni, caratterizzati da fossili speciali, ma non saprebbe come spiegare l'anomalia della ricomparsa delle specie *c*, *d* negli strati superiori a quelli contenenti le specie *e*, *f*, *g*. Se poi, ammettendo le teorie di D'Orbigny, volesse confrontare i terreni da lui distinti con quelli del paese A, troverebbe altre anomalie nell'unione delle specie *a*, *c*, *d* in un solo terreno, di *c* e *d* in un altro terreno, e di *i*, *k*, *l*, *n* ed *o* nel terreno più recente, e si troverebbe alquanto imbarazzato nel classificare i terreni del suo paese, in relazione con quelli dell'altro. Altrettanto imbarazzato si troverebbe se paragonasse i terreni del suo paese con quelli soltanto del paese B, vedendo in questo riuniti insieme quasi tutte le specie da lui sempre credute così ben separate. Ma se egli volesse prendersi la cura di studiare molti altri paesi, troverebbe molte altre distribuzioni intermedie alle tre finora da noi supposte, e giungerebbe alla fine a trovare la vera storia di ciascuna specie e la loro vera importanza nella determinazione dei terreni sedimentarii.

Vedasi da tutto questo come sia tutt'altro che facile lo studio completo dei terreni e dei fossili, specialmente quando questi sono poco numerosi; giacchè, quando sono in gran numero, la classificazione dei terreni riesce molto meno difficile, come agevolmente si può comprendere, immaginando che nella tabella finora adoperata siano considerate cento, duecento, trecento o più specie, così che ciascun'epoca ne abbia venti o trenta, e ciascun terreno, in qualunque dei tre paesi, ne contenga almeno dieci o quindici.

Prof. G. Omboni.

---

# LA TERRA PREADAMITICA.

## STORIA DELLA TERRA AVANTI LA COMPARSA DELL' UOMO (1):

I. Epoca azoica. — II. Epoca paleozoica. — III. Epoca mesozoica o secondaria. — IV. Epoca cenozoica o terziaria. — V. Epoca attuale o storica. — VI. Geogonia biblica. — VII. Storia della Geologia. — VIII. Geologia applicata.

### I.

### EPOCA AZOICA.

**1. Interesse di questo studio**. — La storia del nostro pianeta prima che sia stato vestito della sua presente vegetazione, e prima che abbiano cominciato ad abitarlo l' uomo e le altre specie d' animali ora viventi, non può non essere interessantissima a studiarsi. Nel nostro Trattatello sulla *Crosta della terra* abbiamo già esposti i principii fondamentali di questo studio; in questo ci proponiamo di esporre più estesamente della storia, coi più interessanti particolari, per rendere famigliari ai nostri lettori i principali fatti e le loro spiegazioni meglio fondate ed accreditate.

**2. Cosa ci insegni la scienza sui primordii della terra** (2). Come abbia avuto origine il pianeta che abitiamo, ossia *in qual modo*

(1) Per rendere questo trattatello più completo e più adatto ai lettori cui è destinata la presente Edizione italiana, e per non sopracaricarlo di note in fine, il Traduttore ha creduto bene di fare molte variazioni nello stesso testo, così che il Trattatello ne risultì completamente rifuso e quasi un nuovo lavoro, fatto appress'a poco coll'ordine adottato nell'opera originale del chiarissimo Lardner.

(2) Per questo e i successivi paragrafi 3, 4, 5 e 6, specialmente per ciò che risguarda l' ipotesi pubblicata da Laplace nella sua *Exposition du système du monde*, hanno molto servito gli articoli su *Alcuni intenti delle scienze naturali*, dell'ingegnere Giovanni Cantoni, nei numeri 5, 6 e 8 del giornale *Il Crepuscolo* di quest'anno corrente 1859. Vedasi anche la *Revue des deux mundes* del 1859.

abbia cominciato ad esistere, la scienza non lo può dire, perchè essa si limita là dove cessano di guidarla l'osservazione, l'esperienza e il calcolo, e non v' hanno nè osservazioni, nè fatti, nè calcoli, i quali valgano a sciogliere scientificamente il problema dell' origine delle cose: problema che appartiene di sua natura al regno delle tradizioni e delle credenze religiose.

La scienza, come studio dei fatti soggetti all'osservazione, all' esperienza e al calcolo, cerca di scoprire le relazioni sussistenti fra diversi gruppi di fatti che dapprima appaiono tra loro slegati; segue la massima di Galileo, che il dubbio è padre dell' invenzione, perchè rimette in esame cose già ammesse e decise, e spesso riesce a trovarle inesatte od anche false, o almeno a dedurne cose nuove; non si accontenta mai nè di congetture fondate su basi troppo deboli, nè di vuote parole; e preferisce quindi confessare la propria ignoranza, quando non può giungere a trovare la spiegazione di un fatto ossia le relazioni od attinenze ch' esso ha con altri fatti. La scienza odierna quindi, risalendo dai fatti attuali a quelli sempre più antichi, e collegando fra loro quelli che spettano alla astronomia, alla fisica, alla chimica e alla geologia, non può neppur dire *in quale stato* abbia cominciato ad esistere la terra; ma si limita a dire, che prima d' essere com' è in oggi, con una crosta solida parzialmente coperta d' acqua e interamente circondata da un'atmosfera, fu assai probabilmente tutta liquida per effetto d' un intensissimo calore, e prima d'esser liquida fu probabilmente allo stato vaporoso, così come le stelle nebulose che si osservano in gran numero sparse qua e là nel firmamento. Questa è la congettura cosmogonica che fu immaginata dal matematico Laplace, e che viene ancora generalmente ammessa, perchè sempre più comprovata e non mai contraddetta dai fatti che si vanno mano mano raccogliendo da chi studia la materia, le sue proprietà e i suoi fenomeni.

Il globo terrestre ha la stessa forma che prenderebbe ogni massa fluida o pastosa, la quale avesse le dimensioni e la densità della terra, e ruotasse sul proprio asse colla stessa velocità con cui ruota la terra (pag. 149). Il calore va crescendo nell' interno della terra, come se questa fosse formata d' una crosta solida superficiale e di un' immensa massa interna di materie liquefatte per intenso calore (pag. 150 e 151). In ogni parte della terra vedonsi tracce di dislocazioni avvenute nella crosta terrestre, di rocce emerse in istato di fusione e raffreddate poi dopo, a guisa delle lave dei vulcani attuali (pag. 196 e seguenti). Per mezzo di queste dislocazioni e di queste

emersioni si spiega abbastanza bene l'origine delle montagne (pag. 207). La densità media della terra è tale da non potersi supporre raccolta nel suo interno una quantità d'acqua bastante a tenere disciolte tutte le materie solide costituenti la terra stessa. Quasi tutte le rocce sono fusibili per calore, ma quasi insolubili nell'acqua. Nelle epoche antiche, in cui si deponevano i primi terreni sedimentarii, la temperatura di tutta la superficie terrestre era uniforme, analoga a quella della zona torrida attuale, e quindi dipendente non già da calore ricevuto dal sole, ma dal calore proprio della terra (pag. 213 e 252). — Questi sono i principali fatti geologici sui quali si fonda l'ipotesi della primitiva liquidità ignea della terra.

La concorde direzione da occidente verso oriente, tanto dei moti dei pianeti intorno al sole e del maggior numero dei pianeti intorno ai pianeti, quanto dei moti rotatorii del sole e dei satelliti; la poca inclinazione dei piani delle orbite dei pianeti maggiori rispetto al piano dell'equatore solare; la inclinazione pur piccola delle orbite dei satelliti rispetto all'equatore del corrispondente pianeta; la piccola eccentricità dell'orbita dei maggiori pianeti; un rapporto esistente fra la durata della rotazione del sole e la durata del giro di ogni pianeta intorno al sole; un analogo rapporto fra i pianeti e i loro satelliti; l'esistenza dei monti sui pianeti più facilmente visibili e sulla luna, e la maggiore altezza relativa dei monti negli astri minori in confronto ai più voluminosi; la forma e la indipendenza nei moti dei varii anelli di Saturno; il gran numero di piccoli pianeti sussistenti fra Marte e Giove; la minore densità media e il maggiore rigonfiamento equatoriale nei pianeti più voluminosi e più lontani dal sole; la situazione e l'estensione della luce zodiacale, e parecchi altri fatti sono i principali fondamenti della congettura del primitivo stato vaporoso della terra e di tutti gli altri astri componenti il sistema solare.

Tutta la materia che ora costituisce il sole, i pianeti e i satelliti, in un'epoca remotissima, sarebbesi trovata, secondo Laplace, per intenso calore, disseminata in istato aeriforme nello spazio che si stende dal centro del sole fin oltre l'orbita del più lontano pianeta (Nettuno ?), in forma di vastissima atmosfera, dotata d'un comune moto di rotazione da occidente verso oriente. Perciò sarebbesi essa trovata in uno stato somigliante a quello d'alcune nebulose, che ci appaiono quali sterminate ma diradatissime atmosfere luminose, e finora non risolvibili pur dai più possenti telescopii, che cingono un nucleo splendente, e che l'Herschel padre chiamò stelle nebulari, reputandole stelle in atto di formazione. Poi codesta immensa at-

mosfera solare, a motivo della continua irradiazione calorifica della sua superficie verso il freddo spazio circostante, e per opera della attrazione universale, avrebbe subíta una lenta ma continua condensazione.

Però, durante una siffatta condensazione saranno avvenute alcune importanti modificazioni nello stato di questa atmosfera, in conseguenza del moto rotatorio in essa presupposto e giusta alcuni principii fondamentali di meccanica.

L'atmosfera avrà diminuito di volume e nello stesso si sarà aumentata la sua velocità di rotazione, ma nello stesso tempo avrà preso una forma sferoidale sempre più schiacciata, e la sua parte più esterna si sarà distaccata dal resto, formando un anello intorno allo sferoide, nel piano dell'equatore dello stesso sferoide, e dotato d'un certo moto di rotazione. Questo stesso risultato si ottiene prendendo una miscela di alcool e acqua, fatta con tali proporzioni che la densità risulti eguale a quella dell'olio d'ulive, e introducendovi una certa quantità di quest'olio, che rimane nuotante in mezzo alla miscela, in forma d'una grossa goccia sferica, a cagione delle sue forze molecolari. Trapassando poi tal goccia con una verghetta metallica ed imprimendole un moto rotatorio, la goccia si riduce a forma d'un elissoide schiacciato, componendosi l'azione della forza centrifuga con quella delle forze molecolari; anzi coll'aumentare grado grado la rapidità della rotazione, con che s'accresce pure l'intensità della forza centrifuga, la goccia si schiaccia per modo da disgiungersi in due parti, l'una interna, a forma di sferoide, l'altra esterna e staccata a forma d'anello ruotante da sè. Chi osserva questo fenomeno, non può non ravvisarvi una rassomiglianza singolare, quanto alla figura e al modo di produzione, col pianeta Saturno e coll'anello che gli sta intorno.

Separatasi così una di tali zone annulari di materia cosmica, e cominciata in essa la condensazione prodotta dal successivo raffreddamento, ma effettuatasi con varia misura nelle diverse sue parti, si saranno formati dei nuclei di maggiore densità; intorno a questi si sarà aggregata a poco a poco la restante materia; essi nuclei si saranno mano mano aggregati gli uni agli altri, e tutti infine intorno ad un solo, se per avventura in quest'uno la densità oppure la massa sarà riescita maggiore che negli altri. Ed ecco costituito il nocciolo d'un pianeta, intorno al quale sarà andata aggruppandosi a guisa d'atmosfera tutta la materia di quella prima zona annulare, nel mentre che egli avrà proseguito, per inerzia, a trasferirsi in giro da occidente ad oriente attorno alla massa solare ridottasi entro più

angusto spazio. Però la varia velocità delle varie parti di questa materia aggregata in un primo pianeta, avrà dato a lui stesso un movimento di rotazione attorno ad un asse passante pel suo centro di massa, e nel verso della velocità prevalente, cioè nel verso medesimo del primo moto generale di rotazione di tutta la massa vaporosa, da occidente ad oriente. — Ed ecco prodotto un pianeta girante attorno al sole, rotante sopra sè stesso e munito d'un'atmosfera, la quale avrà potuto riprodurre tutti i fenomeni della gran zona annulare, e dare origine ad uno o più satelliti giranti attorno al pianeta e ruotanti sopra i loro assi rispettivi, tutti da occidente verso oriente, come il pianeta, e come la gran massa solare.

Questa gran massa vaporosa, rimasta nell' interno della prima zona annulare, avrà poi continuato a raffreddarsi e condensarsi, e sarà per conseguenza aumentata ancora la sua velocità di rotazione, e se ne sarà staccata una seconda zona annulare, minore della prima e dotata d'un più rapido movimento di rotazione. Questa seconda zona annulare avrà dato anch' essa origine ad un pianeta, come la prima, e fors'anche a varii satelliti, tutti giranti attorno al sole o attorno al pianeta, e sui loro assi rispettivi, col solito moto da occidente ad oriente.

Col successivo raffreddarsi e condensarsi della massa centrale, e col continuo aumentare della sua velocità di rotazione, si saranno formate altre zone annulari, dalle quali avranno avuto origine altri pianeti e satelliti, anch'essi coi soliti moti da occidente ad oriente; e così fino al momento in cui si sarà la massa centrale così ristretta da formare il sole come attualmente si trova. Le reciproche attrazioni dei pianeti formati avranno prodotte delle perturbazioni, alle quali è forse dovuta la produzione dei numerosi pianetuncoli che circolano fra Marte e Giove, non che delle aeroliti o pietre meteoriche, che cadono così di frequente sulla terra, quasi a farci conoscere che le materie sparse per lo spazio somigliano immensamente a quelle di cui sono formate molte rocce del nostro pianeta. — E d'altra parte, particolari circostanze, difficili a determinarsi, avranno finora impedito la completa condensazione delle zone annulari, attorno a Saturno, ed avranno così dato origine a quel triplice anello, che pare quasi destinato a farci indovinare l'origine sua e quella di tutti i satelliti e pianeti.

**3. La terra in istato liquido.** — Scendiamo a considerare quella fascia annulare di materia vaporosa staccatasi dall'atmosfera solare, la quale costituì di poi il nostro pianeta, la terra, in quell'epoca in cui, dopo essersi concentrata intorno ad un solo nucleo

e dopo aver di conseguenza assunto un proprio moto di rotazione, abbandonò nel piano dell'equatore la zona della propria atmosfera, che poscia formò la luna. In allora la massa terrestre, estendendosi fin presso l'orbita lunare, a quasi 60 raggi terrestri, avrà presentata una densità media circa 210,000 volte minore dell'attuale. Dev'essere adunque trascorso un gran numero di secoli o piuttosto di migliaia di secoli da quell'epoca all'attuale, onde far tempo alla dispersione dell'immensa quantità di calore svoltasi durante una siffatta condensazione. Pel suo minor volume, la materia formante la luna si sarà raffreddata molto più rapidamente della terra, in modo di non vedersi ormai più sulla superficie lunare nè acqua, nè altro corpo in istato fluido (vaporoso o liquido). E ciò quantunque in epoche remote le parti appena un po'interne di essa siansi trovate in istato di liquidità o di pastosità ignea, sì di dar luogo a fenomeni vulcanici, i quali lasciarono segni ben distinti alla superficie lunare coi monti a forma di cono tronco con interno cratere, che su di essa si scorgono in gran numero.

Continuando poi il raffreddamento nell'atmosfera propria della terra, è da credere che le sostanze vaporose più dense e più facili a liquefarsi per raffreddamento siansi, per gravitazione, precipitate per le prime verso il centro della massa, ad ingrossare il primo nucleo; e dopo di esse le sostanze grado grado meno dense e di più facile liquefazione, quelle cioè che si mantengono vaporose anco a temperature non molto elevate. I metalli propriamente detti, e specialmente il ferro e il manganese si saranno trovati fra le prime; fra le ultime i metalli che formano le terre e gli alcali, cioè l'alluminio, il calcio, il magnesio, il silicio, il potassio e il sodio. Per questo saranno riescite le parti interne del globo più dense che le superficiali, così che ora noi troviamo avere la terra una densità media maggiore di cinque e mezzo, ossia quasi sei volte quella dell'acqua, mentre le rocce superficiali hanno densità fra due e mezzo e tre.

Durante questo condensamento saranno avvenute molte chimiche combinazioni e scomposizioni, che avranno dato origine nelle parti superficiali alle rocce ignee e metamorfiche che noi conosciamo, e che noi troviamo composte specialmente di silice unita alla potassa, alla soda, alla allumina, alla calce, alla magnesia e agli ossidi di ferro e manganese, ossia, per andare alla loro composizione elementare, di ossigeno, silicio, potassio, sodio, alluminio, calcio, magnesio, ferro e manganese. Una immensa quantità di ossigeno si sarà quindi unita ai metalli in via di precipitazione, producendo la potassa, la

soda, la silice, l'allumina, ecc.; queste si saranno unite fra loro per dare origine ai feldspati, alla mica, all'amfibola, al pirosseno, al quarzo, ecc., di cui sono formati i graniti, i gneiss e tutte le altre rocce ignee e quelle ad esse più affini; altre quantità di metalli si saranno unite al cloro, allo solfo, ecc., ed avranno dato origine al sal comune, al gesso ed ai molti altri minerali che si trovano in natura; altro ossigeno si sarà unito in parte all'idrogeno e in parte al carbonio per formar l'acqua e l'acido carbonico, che avranno continuato per molte migliaia di secoli a formare una densa atmosfera attorno al globo, insieme coll'azoto, e con altro ossigeno rimasto libero. Una gran quantità di quest'acido carbonico e di altri gas avrà potuto esser assorbito dalle rocce nuovamente formate e in istato di fusione, per esserne poi rimandati fuori più tardi, in tutte le epoche geologiche, ed anche adesso nei vulcani, nelle solfatare e negli altri fenomeni analoghi.

Tutti questi fenomeni avranno provocato un ragguardevole sviluppo di calore, che sempre accompagna le chimiche combinazioni, e che è appunto grandissimo nell'unione dell'ossigeno, del cloro e dello solfo coi metalli or ora indicati. E questo calore avrà contribuito a rallentare il raffreddamento della superficie terrestre; il quale, del resto, doveva procedere assai lento, poichè allora l'atmosfera sarà stata alta e più densa dell'attuale, contenendo, oltre gli elementi dell'aria, una gran quantità di acido carbonico e di altri corpi gasosi, non che tutta la massa delle acque in istato di vapore.

**4. Formazione della crosta solida o delle prime montagne.** — Pel continuo benchè lentissimo raffreddamento di tutto lo sferoide di rocce liquide, si sarà formata una prima crosta solida alla sua superficie, sottilissima, simile a quella che si forma sulle lave da poco tempo escite da un vulcano; ma si sarà anche a più riprese fratturata e sconvolta, sia per la stessa effervescenza che accompagna le chimiche relazioni, sia per l'attrazione del sole e della luna, che avrà agito sulle rocce fuse come ora agisce sul mare, sia infine per la stessa forza centrifuga, in regolare aumento pel continuo contrarsi di tutta la massa.

Le anzidette reazioni chimiche, dell'ossigeno e degli altri gas dell'atmosfera terrestre coi metalli degli strati superiori della massa liquida, si saranno affievolite mano mano che la pellicola solida, col progredire del raffreddamento, si sarà fatta più grossa e più consistente. Ma a romperla ancora e con maggior forza saranno venute nuove cause, dipendenti dallo stesso consolidamento delle rocce fuse.

Tutti sanno che l'acqua, congelandosi, aumenta di volume, così che il ghiaccio riesce più leggiero dell'acqua e galleggia; ed aumenta di volume con tal forza da rompere i vasi in cui è contenuta. Lo stesso avviene per un metallo particolare, che chiamasi bismuto. Mescendo allo solfo fuso una certa quantità di olio, di gomma elastica, di sego, di resina, di petrolio o di qualche altra sostanza analoga, oppure anche del marmo saccaroide in fina polvere, si ha una sostanza, la quale, raffreddandosi e solidificandosi in modo diverso della cera pura, emette dei gas, aumenta di volume e forma un composto di cristalli fra loro intrecciati, come quelli che si vedono spesso sulla superficie del ghiaccio. Aumentando così di volume, la prima crosta che si forma alla superficie vien rotta e per le sue fessure esce la materia interna ancora fusa, e dà origine ad eminenze, che somigliano fino a un certo punto alle montagne. Sopra questo fatto fondamentale, presentato da queste miscele e da altre sostanze, ha fondato il Gorini la sua *teoria plutonica* sull'origine delle montagne, che fu contraddetta da molti, forse perchè non l'avevano bene intesa, e adottata da altri nel suo principio fondamentale, ma non in tutte le sue più minute particolarità (1). Ora, è un fatto che le lave e le altre rocce vulcaniche emettono gran quantità di materie aeriformi insieme col vapore acqueo; è possibile che questi gas siano stati assorbiti dalle rocce ignee fin dal momento della loro prima origine, così come l'argento e il rame assorbono gran quantità di ossigeno quando sono fusi e lo rimandano fuori quando si solidificano; è dunque possibile che le rocce ignee, solidificandosi, aumentino di volume e si facciano più leggiere, alla guisa dell'acqua quando si trasforma in ghiaccio e delle così dette sostanze plutoniche di Gorini. E questo si può ammettere tanto più facilmente quando si considera che, giusta i calcoli di Belli confermati da Airy, la crosta solida terrestre ha tuttodì così poca consistenza, da non poter reggere da per sè al proprio peso, a modo d'una vôlta sferica, qualora non fosse sostenuta come un galleggiante, dalle rocce liquide sottoposte. Perchè, a voler ammettere, come lo mostrano i principali fatti geo-

(1) Gorini, *Sull'origine delle montagne e dei vulcani*, Lodi, 1851. — Gorini, *Gli esperimenti sulla formazione delle montagne*, Milano, 1852. — Rapporto della commissione della Società d'Incoraggiamento di scienze, lettere ed arti in Milano, 1852. — Rapporto della commissione dell'I. R. Istituto lombardo, ecc., 1852. — *Il plutonismo attaccato da una commissione accademica e difeso da Paolo Gorini*, Lodi, 1852. — Cantoni, nei numeri 26, 28 e 39 del giornale *Il Crepuscolo*, del 1852. — Bertolio, *Sopra un nuovo plutonio*, ecc., 1852. — Omboni, *Elementi di Storia naturale, Geologia*, Milano, 1855.

logici, che la solidificazione della massa terrestre abbia proceduto e proceda tuttora dall' esterno verso l' interno, torna necessario il supposto che le sostanze formanti la crosta abbiano a diminuire di densità nell'atto di consolidarsi, acciocchè possano di poi galleggiare sul sottostante liquido che le ha prodotti. Altrimenti, se le parti superficiali, che sin dal principio si solidificarono, fosser riescite più dense del liquido, si sarebbero precipitate entro di questo, dirigendosi verso il comune centro di massa, fino ad incontrare strati di massima densità, nel mentre che il liquido meno denso sarebbesi ridotto a galla; epperò la massa terrestre si sarebbe invece assodata prima nell' interno che alla superficie.

Ritornando dunque al suaccennato antico stato della superficie terrestre, formata la prima crosta superficiale, il liquido immediatamente sottoposto, solidificandosi per ingrossare detta crosta, avrà aumentato di volume, avrà per conseguenza esercitato una forte pressione contro la crosta, l'avrà distesa e poi squarciata secondo la linea di minore resistenza, ne avrà sollevati i lembi, ed avrà anche fatto emergere dalle fratture una quantità delle rocce fuse sottostanti, proporzionata all'aumento di volume occorso nella solidificazione. Ed ecco formate le prime catene di monti, cogli strati dislocati e rotti, e colle emersioni di rocce ignee.

È ben vero che Elia di Beaumont ed altri geologi intendono diversamente il meccanismo della formazione delle catene montuose. A loro avviso, il liquido interno pel proprio raffreddamento, contraendosi in maggior misura che la contemporanea contrazione dell' involucro solido, tende a staccarsi da questo ed a lasciar frammezzo un vano. E poichè la corteccia stessa non può reggersi da sè, come s' è detto sopra, tosto che il fluido interno tende a staccarsene, essa, schiacciandosi sotto il proprio peso, subisce una compressione trasversale, la quale, crescendo continuamente, determina nello stesso inviluppo ad ogni lasso di tempo, dei corrugamenti o delle increspature, ossia la produzione di una o più catene di monti (vedi p. 207).

Ancor noi crediamo che l' interna massa liquida, finchè è liquida, si contragga più che non faccia la parte già solida per uno stesso raffreddamento; giacchè, in generale, una sostanza si contrae di più in istato liquido che in istato solido per un egual decremento di temperatura; e per questo riguardo ammettiamo noi pure che, pel raffreddamento, la massa liquida tenda a staccarsi dalla crosta, e questa a corrugarsi. Ma in pari tempo deve avvenire un aumento di volume nelle parti che grado grado si solidificano; e quest'espansione tende invece a produrre una distensione ed uno squarciamento nella crosta per cresciuta pres-

sione dall'interno. I due fenomeni, la contrazione del liquido raffreddantesi e l'espansione del liquido che si assoda, verificandosi insieme e di continuo, ed operando in verso opposto, tendono a menomare scambievolmente i rispettivi loro effetti, ossia a rendere meno rapida la variazione tra la capacità interna della crosta e il volume del liquido. E in ciò avrebbesi una ragione dei lunghissimi intervalli di tempo che decorsero da una ad altra epoca di dislocazione. Perciò riteniamo altresì che l'espansione, almeno nelle trascorse epoche geologiche, riescisse prevalente alla contrazione. In generale, quelle sostanze che si dilatano solidificandosi presentano in tale atto un aumento di volume che equivale a quello prodotto nel liquido da un ben rilevante aumento di temperatura. L'acqua, per esempio, nell'agghiacciarsi, subisce d'un tratto un'espansione che è ancor doppia di quella che producesi nell'acqua liquida, scaldandola da 0° a 100°. Concedendo pure che nelle sostanze liquide dell'interno del globo non sia stata così grande l'espansione per la solidificazione, e tenendo calcolo anche del raffreddamento molto più rapido nelle parti già solide e in quelle immediatamente sottostanti che nelle più profonde, si giunge ad ammettere che l'espansione delle parti in atto di solidificarsi dev' esser stata maggiore della contrazione delle parti liquide in via di raffreddarsi, e da questa differenza devono aver avuto origine tutte o quasi tutte quelle rotture e dislocazioni, che costituiscono le catene montuose. Ma comunque sia di codesta opinione, sta pur sempre, che l'esistenza dei monti sulla terra, siansi essi formati per espansione o per contrazione, dimostra che tutta la massa del pianeta fu un tempo in istato liquido per intenso calore, e che di poi essa, per raffreddamento, incominciò a consolidarsi nelle sue parti superficiali, e la solidificazione si propagò gradatamente dall'esterno all'interno, sempre più ingrossando la crosta primitiva.

Sembra poi molto probabile che, fin quando la corteccia solida della terra ebbe poca grossezza e poca consistenza, le rotture e dislocazioni si saranno succedute a più brevi intervalli di tempo, atteso il più rapido raffreddamento, e le fratture formatesi contemporaneamente in tutta la superficie terrestre saranno riescite più estese e in maggior numero che non sia avvenuto di poi. Crescendo la grossezza e la resistenza della corteccia stessa, e rallentandosi il raffreddamento, le rotture e le dislocazioni si saranno rese meno frequenti, ma in minor numero nello stesso tempo, e di conseguenza il rilievo prodotto, sia dalle emersioni, sia dai corrugamenti, sarà risultato maggiore che nelle prime rotture. E in fatti, coi modi che verremo a conoscere tra poco, si trova che le più eccelse catene di

monti terrestri (le Alpi, le Cordigliere e l'Imalaja) si mostrano di formazione meno antica che molte altre catene di minor rilievo.

Le stesse esperienze del Gorini ed altri fatti e molte considerazioni che ne dipendono servono mirabilmente a spiegare come al minor volume della luna e di Mercurio, dalla loro primitiva fluidità ignea, dal loro più rapido raffreddamento e dall'attrazione della terra si debba la produzione dei loro monti altissimi in paragone del volume totale dell'astro, e il singolare movimento pel quale la luna volge sempre alla terra lo stesso emisfero. Ma di ciò non possiamo ora occuparci più a lungo.

**5. I primi mari e i primi sedimenti.** — Finora ci occupammo di fenomeni fisici e chimici occorsi sulla superficie terrestre prima che vi fosse acqua in istato liquido; vediamo ora come quest'acqua, sparsa in vapore nell'atmosfera, si sarà a poco a poco condensata sulla superficie a formare i primi mari. Ma per questo è necessario rammentarci alcuni fatti del dominio della fisica.

Dimostrano i fisici col barometro che l'atmosfera attuale ha un certo peso, il quale, misurato al livello del mare, è in media eguale a poco più d'un chilogrammo ($1^{chil.}$,033) sopra ogni centimetro quadrato di superficie; e questo peso medio dell'atmosfera lo chiamano *peso d'un atmosfera,* od anche semplicemente *un' atmosfera.* Con altri mezzi i fisici dimostrano anche che in un vaso aperto, al livello del mare, l'acqua bolle a 100° del termometro centigrado (80° del termometro di Réaumur), e il vapore prodotto ha una forza espansiva eguale alla pressione dell'atmosfera, misurata col barometro allo stesso livello del mare; che in un vaso chiuso l'acqua non bolle a 100°, ma ha bisogno di una temperatura maggiore, perchè il vapore prodotto preme sull'acqua stessa e ne ritarda l'ebollizione; che a circa 121° il vapore preme quanto *due atmosfere* ossia il doppio dell'atmosfera ordinaria, a circa 135° preme quanto tre atmosfere, a circa 145° quanto quattro atmosfere, come dieci atmosfere a circa 181°, come venti atmosfere a quasi 215°, ecc.; che insomma, se non cangia la grandezza del vaso, la quantità dell'acqua che vi può stare allo stato aeriforme e la pressione da essa acqua aeriforme esercitata contro le pareti del vaso e sulla stessa acqua ancora liquida crescono molto più rapidamente della temperatura. Col calcolo si è poi trovato che il vapore deve avere la forza espansiva di 50 atmosfere a quasi 266°, di 100 atmosfere a circa 311°, di 200 atmosfere a circa 364°, di 300 atmosfere a circa 398°, di 1000 atmosfere a circa 517°, ecc. Prendendo dunque un vaso chiuso in cui bolla dell'acqua a 145°, per esempio, e raffreddandolo gradatamente, il va-

pore, che vi è già prodotto, va rapidamente condensandosi e diminuendo di pressione contro le pareti e sull'acqua, così che verso i 135° la pressione è ridotta a tre atmosfere, di due atmosfere verso i 121°, e di una sola atmosfera verso i 100°, e va in conseguenza crescendo la quantità dell'acqua in istato liquido. Diminuendo ancora la temperatura, continuano la condensazione del vapore, l'aumento dell'acqua liquida e la diminuzione nella pressione, finchè verso la temperatura di 0° la pressione è ridotta a circa $1/170$ di un'atmosfera, e non rimane aeriforme che una piccolissima quantità di acqua.

Ritorniamo ora allo stato antico della terra.

Quando le acque formanti oggidì l'oceano e i mari trovavansi tutti in istato di vapore, l'altezza, la densità e la temperatura dell'atmosfera esser dovevano assai maggiori che al presente. Supponendo la densità media dell'oceano e dei mari di due chilometri e mezzo (estimazione che può ritenersi piuttosto minore che maggiore del vero, per riguardo ai molti scandagli fatti recentemente, durante la collocazione delle funi telegrafiche sottomarine e transoceaniche), e ritenendo che la superficie delle acque stia a quella dell'intero globo come 28 a 38 prossimamente, se ne deduce che allorquando una sì gran massa di acque, in istato di vapore, faceva parte dell'atmosfera, questa doveva, alla propria base in contatto col suolo, esercitare una pressione corrispondente a circa 257 volte quella esercitata dall'atmosfera attuale. Ora, per dispiegare una forza espansiva equivalente a questa pressione di 257 atmosfere, il vapore acqueo deve avere una temperatura di circa 384°. Vale a dire, che, fin tanto che la superficie terrestre avrà avuta una temperatura superiore a 384°, non poteva esserci acqua liquida su di essa. Ma, non appena si sarà ridotta ad una temperatura un po' inferiore, incominciar dovette la condensazione e la precipitazione in forma liquida di una parte del vapor acqueo delle porzioni inferiori dell'atmosfera. E quest'acqua, permeando nel suolo infranto, sin dove la temperatura superava tal poco quella della superficie, si sarà in parte vaporizzata di nuovo, con tal violenza da squarciare le stesse parti superficiali del suolo, ed in tal copia da provocare un notevole raffreddamento sulle parti contigue, per lo stesso motivo per cui sentiamo raffreddarsi il nostro corpo quando esciamo da un bagno, ed ancor più freddo sentiamo quando esponiamo ad una corrente d'aria un dito bagnato di alcool o di etere.

Intanto, che mano mano deponevasi nuov'acqua sulla superficie terrestre, diminuir doveva la pressione esercitata dai residui fluidi aeri-

formi. Per esempio, quando la temperatura della superficie terrestre si ridusse a 330°, la forza espansiva del vapore acqueo non poteva essere maggiore di 120 atmosfere; cioè doveva essersi precipitata già una metà delle acque attuali.

Durante questo lento condensarsi e precipitarsi del vapore acqueo a temperature assai elevate, ebbero forse origine le rocce cristalline simili al granito ed al gneiss, per le produzioni delle quali ora si crede necessario l'intervento non solo del calore, ma ben anche dell'acqua o del vapore ad alta temperatura e sotto una forte pressione, essendo giunti taluni a produrre dei cristalli di felspato, di quarzo, di pirosseno e di altri composti analoghi, sottoponendo del vetro oppure altri composti silicati all'azione dell'acqua tenuta per molto tempo in tubi chiusi entro forni di porcellana.

L'acqua condensata in istato liquido si sarà radunata nelle parti più depresse della superficie terrestre, lasciando sporgere le prime eminenze, ossia le prime isole e i primi continenti; ma avrà cominciato ad infrangerne e corroderne le asprezze; notevoli squilibrii di temperatura si saranno prodotti nell'atmosfera, ed avranno dato origine ad alternative di rapide evaporazioni e di pioggie assai più copiose e dirotte che di presente nol siano; queste pioggie avranno prodotto correnti superficiali, rapide e potenti, le quali avranno corroso ancora più profondamente le rocce solide esistenti, avranno portato nel seno del mare grandissima copia di detriti, e poi, rallentando il loro moto, l'avranno lasciata cadere al fondo, dando origine ai primi sedimenti marini. S'aggiunga che cosiffatte rapide alternative di svolgimenti e di condensamenti di vapore, in seno di una atmosfera ancor tanto calda, avranno altresì provocati repentini squilibrii elettrici, e quindi frequentissime scariche fra le varie parti dell'atmosfera e del suolo atteggiate a diversa tensione elettrica, come vediamo accadere tuttodì, benchè in piccole proporzioni, nei nembi temporaleschi della più calda stagione. Ed ancor ciò contribuiva di certo a rendere sovrammodo agitate e l'atmosfera e la superficie delle acque, e quindi a favorire il disgregamento delle rocce e la formazione dei terreni di sedimento.

Ma, continuando pur sempre il raffreddamento per irradiazione della superficie terrestre, benchè in modo assai lento per il riverbero e l'assorbimento di calore prodotti da così densa e così alta atmosfera, dovette andar di continuo diminuendo la quantità e la densità del vapore acqueo residuo nell'atmosfera, epperò crescendo il volume e l'estensione dell'acqua liquida sulla terra. Per esempio, ritenuti i suesposti dati, a circa 227° rimanendovene nell'atmosfera

in istato aeriforme un decimo delle acque oggidì stagnanti sulla terra, a 195° solo un ventesimo, a 140° un centesimo, a 107° appena un millesimo. Si avverta poi, che l'anzidetto raffreddamento della superficie terrestre fra i 384° e i 200° circa dovette provare un rallentamento, e ben notevole, a motivo anche della grande quantità di calore svoltasi durante la stessa liquefazione del vapore acqueo. Giacchè, ad esempio, un solo chilogrammo di vapore, riducendosi liquido a 220°, sviluppa tanto calore, quanto ne occorre a scaldare di un decimo di grado circa quattro metri cubi e mezzo di acqua, avente la stessa temperatura di 230°.

**6. Prima comparsa di corpi viventi sulla terra.** — Esaminando l'ordine di sovrapposizione o di successione dei varii terreni di sedimento, si riconosce che in quelli di più antica formazione non esistono tracce di esseri organizzati; epperò tali terreni sono denominati *azoici*, dalle due parole greche *a* e *zoe*, che significano *senza vita*. Sonosi questi formati in epoche, nelle quali la superficie terrestre aveva una temperatura ancora troppo elevata da compatire lo sviluppo dei corpi viventi, il quale sembra rendersi possibile solo a temperature inferiori e 60°. A questo grado di temperatura l'atmosfera esser doveva poco più umida che di presente, rimanendovi in istato aeriforme solamente una mille e cinquecentesima parte delle acque formanti oggi l'oceano e i mari. Però essa contener doveva una ben maggiore proporzione di acido carbonico per rispetto all'attuale, poichè tutto il carbonio che troviamo ora fissato nei combustibili fossili vegetabili (carbon fossile o litantrace, antracite, lignite e torba) non potè altrimenti provenire che dall'acido carbonico, già diffuso nell'atmosfera, e stato poi ridotto nell'interno delle parti verdi dei vegetabili sotto l'influenza dei raggi luminosi del sole. E in fatti, nella torba e nella lignite sono quasi sempre facilissimi a riconoscersi i caratteri delle erbe e dei legni che le hanno formate colla loro accumulazione e alterazione; nel carbon fossile e nell'antracite si trovano abbondantissimi avanzi di piante, ed esaminando col microscopio la struttura di questi combustibili fossili di così singolare apparenza, si riconosce identica a quella dei legni di molte piante attualmente viventi nella zona torrida ed anche nei nostri paesi; e tutte le piante vissute nelle epoche preadamitiche devono aver operato come quelle ora viventi, cioè devono avere anch'esse assorbito di giorno l'acido carbonico dall'atmosfera, per appropriarsene il carbonio e servirsene a loro nutrimento. Quando dunque la superficie terrestre, in gran parte coperta d'acqua, ma già sparsa di continenti, di isole, di catene montuose e di mari interni

e di laghi, fu giunta ad avere una temperatura minore di 60°, ma uniforme o quasi uniforme in tutti i paesi, allora dovettero cominciare a vivere su di essa le prime specie di animali e di piante. Come abbiano avuto la loro prima origine, non può esser deciso dalla scienza positiva, così come essa non può per anco decidere se i più semplici e microscopici animaletti infusorii nascano sempre da uova, o se possano avere origine in altro modo, e come non può dire l'origine di tutte le cose ora esistenti.

Una volta comparsi o, come dice la tradizione, creati da Dio i primi esseri viventi, dovettero molti di essi lasciare le loro tracce e i loro avanzi nei sedimenti che allora si formavano; e da questi avanzi e da queste tracce noi possiamo conoscere fino a un certo punto com'erano fatti quei primi viventi, paragonarli a quelli che vivono tuttora, e dedurne quali dovevano essere le circostanze in cui esse vivevano, la loro durata e i loro cambiamenti.

D'allora in poi la superficie terrestre e i suoi abitanti andarono soggetti a una lunghissima serie di mutamenti più o meno considerevoli; pei quali si formarono nuove catene di monti, si cambiarono i viventi, ora gradatamente ed ora repentinamente secondo le diverse circostanze locali, si formarono molti sedimenti distinti con fossili speciali, molti luoghi ora rimasero asciutti ed ora furono invasi dall'acqua, e insomma tutto andò a poco a poco avvicinandosi al suo stato attuale.

Descrivere particolarmente tutti questi mutamenti avvenuti in tutti i paesi è ancora impossibile, perchè non possiamo sapere la struttura di tutte quelle parti della superficie terrestre, che sono coperte dalle acque; ma pure, dei paesi che più importano, si conosce abbastanza la struttura, e si può scrivere la storia preadamitica con molta probabilità di non andar molto lungi dal vero. E questo è ciò che ci proponiamo di studiare brevemente in questo trattatello (1).

**7. Quattro grandi categorie di rocce.** — Nelle epoche geologiche antistoriche si sono così formate le quattro grandi categorie di rocce, che col mezzo di appositi criterii sono distinte dai geologi nella crosta terrestre, cioè le rocce *acquee* o *sedimentarie*, le *vulcaniche*, le *plutoniche* e le *metamorfiche*.

**8. Rocce sedimentarie ed acquee.** — Le *rocce acquee* o *sedimentarie* si sono formate col deporsi delle sostanze dapprima di-

(1) In una nota alla fine di questo trattatello dirò qualche cosa intorno un'altra teoria cosmogonica, paragonandola a quella di Laplace.

sciolte o tenute in sospensione nelle acque dei fiumi, dei laghi e dei mari. Altre sono quindi di origine chimica (formate dalle materie dapprima disciolte nell' acqua), ed altre sono di origine meccanica (formate dalle sostanze dapprima semplicemente in sospensione nelle acque). Tutte sono naturalmente stratificate; i loro strati, nella loro posizione naturale, sono orizzontali, e non possono trovarsi in altra posizione, se non per effetto di qualche causa che li ha dislocati, agendo appress' a poco come gli attuali terremoti o come i fenomeni vulcanici, ma con una forza molto maggiore o per un tempo molto più lungo. Quasi tutte contengono *fossili,* ossia avanzi di animali e vegetali che hanno vissuto durante la loro formazione, ma questi fossili non sono eguali in tutte, e la loro differenza mostra che alcune si sono formate in acque dolci, altre nel mare ed altre ancora allo sbocco dei fiumi o in acque salmastre; altre differenze si trovano tra i fossili contenuti in istrati d' epoca diversa, perchè gli animali sono andati gradatamente variando dal principio fino ad ora, così che ciascun' epoca può essere caratterizzata da un certo numero di animali e di piante allora viventi e affatto diversi da quelli vissuti prima e dopo. Studiando tutte queste cose, i geologi sono giunti a dividere tutti gli strati sedimentarii in un certo numero di gruppi, che chiamarono *terreni,* aventi speciali caratteri ed ai quali diedero nomi particolari, tolti ora dai paesi ove sono meglio sviluppati, ora da altri nomi già adottati dai minatori, ed ora da altre particolarità.

Tutte queste cose sono abbastanza estesamente esposte nel precedente trattatello (pag. 159, 160, 163 a 173, 175 a 195, 250 a 256); aggiungerò soltanto poche indicazioni sui caratteri mineralogici delle principali rocce sedimentarie e sui varii modi di loro formazione.

**9. Caratteri mineralogici delle rocce sedimentarie.** — Le *sabbie*, le *ghiaie* e i *ciottoli,* così comuni in tutti i paesi del mondo, costituiscono gran parte dei terreni sedimentarii, sia ancora incoerenti, sia agglutinati insieme da un cemento lapideo, che ne ha fatto delle rocce più o meno sode, le quali si chiamano *arenarie* (*molere* dei Lombardi, *grès* dei Francesi) se sono formate di sabbie cementate, *puddinghe* (*ceppi* dei Lombardi) se di ciottoli arrotondati, *breccie* se di ciottoli angolosi, e in generale *conglomerati* se formati di pezzi di qualunque forma e volume insieme uniti. I geologi studiano poi in tutte queste rocce la natura mineralogica dei frammenti che le compongono, nello stesso modo con cui dirò doversi procedere per le diverse rocce da cui essi frammenti provengono; distinguono quindi le arenarie quarzose, le arenarie calcaree, le puddinghe i cui ciottoli sono di calcare, di graniti, di porfido, ecc.

L'*argilla* comune, con cui si fanno i mattoni, le tegole e ogni sorta di stoviglie, serve di tipo d'un secondo gruppo di rocce sedimentarie. Essa fa pasta coll'acqua e, bagnata, manda un odore particolare e caratteristico, eguale a quello che si sente per le strade quando comincia a piovere dopo una lunga siccità. L'argilla purissima, bianca, che serve a fabbricare la porcellana, è detta *caolino*, ma di solito non è, a dir vero, sedimentaria, ma risulta dalla scomposizione di graniti e di altre rocce analoghe, e perciò non è in istrati, nè contiene fossili, ed appartiene alla stessa categoria che il granito e le altre rocce da cui proviene. In natura si trovano delle rocce che si dividono in lamine quasi come le lavagne e mandano lo stesso odore dell'argilla quando sono bagnate; sono chiamate *scisti argillosi*, e provengono da una certa quale maggiore solidificazione di strati d'argilla.

Il terzo gruppo di rocce sedimentarie è quello delle rocce *calcaree*, vale a dire formate specialmente di carbonato di calce, così che fanno effervescenza quando vi si versa sopra un un po' d'acido nitrico, o meglio quando, ridotte in polvere, si mettono in un bicchiere con un po' di quest'acido. Il carbonato di calce allo stato di purezza e terroso forma una roccia bianca, terrosa e sporcante le dita, che i Francesi chiamano *craie* e gli Italiani *creta*, senza però confonderla colla vera creta, cioè coll'argilla. Allo stato compatto forma varie specie di rocce, cioè il *calcare comune*, di colore variabilissimo, l'*oolite*, che sembra formata di uova di pesce o d'insetti pietrificati e insieme agglutinati, tutti i veri *marmi*, il *calcare siliceo*, che contiene molta silice e quindi non si discioglie tutto nell'acido nitrico, la *marna*, formata di calcare e di argilla, così che ha caratteri intermedii fra quelli di questi due minerali, lo *scisto marnoso* ossia marna che si divide in lamine come la lavagna, il *calcare magnesiaco* formato di carbonato di calce e di carbonato di magnesia, e che non si può riconoscere bene se non con assaggi chimici, e finalmente la *dolomia*, avente la stessa composizione del precedente, ma per lo più saccaroide, cioè colla struttura dello zuccaro in pane e del marmo di Carrara, e sparsa di piccole cavità tappezzate di cristallini della stessa natura della roccia.

Il *gesso*, che è ora terroso, ora granoso, ora compatto ed ora fibroso, e così molle che si può rigare coll'unghia, è bene spesso una roccia veramente sedimentaria, ma altre volte è una roccia trasformata dopo la sua produzione, per effetto di cause alteratrici. È composta di solfato di calce.

Riepilogando, per riconoscere una roccia sedimentaria non si ha

che a guardare se è stratificata, se è composta di frammenti liberi o agglumerati, oppure se fa effervescenza coll'acido nitrico, se dà l'odore d'argilla quand'è bagnata, o se si lascia rigare coll'unghia senza avere i caratteri delle rocce calcaree propriamente dette e dell'argilla.

A tutte queste rocce deposte dalle acque si devono aggiungere anche quelle formate di avanzi d'animali o di vegetali, quali sono le sabbie di molti mari, formate di frammenti di conchiglie, di piccolissimi animaletti a guscio calcareo siliceo, o di polipai (pag. 190 e seguenti), non che la *torba*, formata di radici, e foglie e fusti di erbe più o meno alterate in seno all'acqua, e il lignite e il carbon fossile, i quali non son altro se non torbe ancora più alterate, come lo dimostra la loro struttura, quando vengono esaminate al microscopio, e gli avanzi di vegetali che vi sono contenuti.

Per meglio studiare le rocce sedimentarie antiche e i loro fossili è necessario conoscere dapprima bene come si formino nell'epoca attuale i diversi sedimenti marini, fluviali e fluvio-marini, e come siano in essi distribuiti gli avanzi degli animali.

**10. Sedimenti marini attuali.** — Chiameremo sedimenti marini tutte le particelle terrestri, minerali o d'altra natura, e di qualunque dimensione e provenienza, che si formano attualmente sul mare o sulle sue coste. Essi si producono per tre cause diverse, cioè per trasporto di materie provenienti dalla terra ferma, per corrosione delle coste e per accumulamento, corrosione e decomposizione dei corpi organici. Dalle osservazioni risulta che i sedimenti apportati dagli affluenti terrestri sono ben poca cosa in confronto della gran massa di sedimenti che realmente si formano sul fondo del mare; giacchè pochi sono i fiumi che trasportino gran quantità di materie, ed anch'essi limitano la propria azione ai luoghi vicini alle imboccature. D'altra parte la corrosione delle coste è universale ed evidentemente grande in ogni paese. L'azione delle onde varia a seconda della disposizione del litorale; quando la costa è pochissimo inclinata e lascia allo scoperto strati argillosi, calcari o sabbiosi, le onde, ad ogni marea, lavano, spazzano e trasportano via i sedimenti; quando la costa è verticale e forma balze e costiere, il mare, battendone continuamente il piede, corrode la roccia, sicchè le parti superiori non tardano molto a crollare, e formano al basso un cumulo di frammenti, che vengon lavati, triturati ed a poco a poco portati via dalle onde, le quali tornano a battere il piede della balza. Il terzo modo d'azione delle onde è la continua corrosione dei ciottoli e delle ghiaie incessantemente smosse dal movimento dell'acqua. I corpi organizzati infine producono banchi numerosis-

simi di corallo e sedimenti di ghiaie e sabbie formate soltanto di tritumi di conchiglie. Prendendo la cifra 16 per l'insieme dei sedimenti marini, il D'Orbigny lo trova composto di 4 di sedimenti prodotti dalla corrosione delle coste, e 2 di sedimenti prodotti dai corpi organizzati.

**11. Ripartizione naturale dei sedimenti marini attuali**. — Dopo la quantità relativa dei sedimenti bisogna studiarne la ripartizione naturale nel mare. Sopra una costa assai inclinata verso un mare profondo i luoghi battuti dalle onde presentano sempre dei ciottoli e delle sabbie grosse fin sotto al limite inferiore dell'ondulazione delle acque, perchè queste, movendosi, portano seco le materie più leggeri; oltre tal punto i grani delle sabbie vanno diminuendo di grossezza, sinchè si cangiano in fango e sedimenti finissimi, dove le acque più profonde non offrono più nessun movimento. Sopra una costa quasi orizzontale e molto prolungata sotto le acque, se non v'hanno correnti, tutto avviene come nel caso precedente; se ve ne sono, hanno molta influenza sulla formazione dei sedimenti. I ciottoli rimangono sempre nel luogo ove sono caduti o lì vicino; la sabbia grossa ne è trasportata via e trovasi ovunque sienvi correnti, formando banchi pochissimo inclinati a seconda della corrente stessa e con inclinazione maggiore là dove essi terminano (fig. 1). La sabbia fina invece, trasportata facilmente dalle correnti, si depone nei luoghi ove queste diminuiscono in forza, formando

Fig. 1.

strati orizzontali, ed una parte di essa viene spinta dalle onde sulle spiagge, ove, per l'azione del vento, forma le dune. Finalmente i sedimenti limosi, nei mari tranquilli, trovansi nei luoghi più profondi; in quelli invece ove esistono correnti sono trasportati da queste anche sulle coste, e si fermano nei golfi e nelle baie ove le acque non sono smosse nè dai venti, nè dalle maree, nè dalle correnti.

(*) La figura a sinistra dimostra la disposizione degli strati nel periodo della loro formazione; quella a destra fa vedere che, se l'acqua venisse a levare la parte superiore di quei sedimenti, il restante rimarrebbe formato di straterelli inclinati, cosicchè, non sapendosi la loro origine, sarebbe facile credere che siano stati formati orizzontali e poi smossi dalla loro posizione originaria per opera d'una causa estranea qualunque. Ciò è utile a sapersi per non cadere in errore allorchè si osserva la stratificazione delle rocce sedimentarie formate nelle antiche epoche geologiche.

Risulta da tutto ciò che al disopra del livello delle maree si formano dune di sabbia, non stratificate, agitate dalle correnti; al livello superiore delle maree si formano strati orizzontali di limo nelle acque tranquille, di sabbie e di ghiaie sulle coste agitate; al livello dell'ondulazione delle maree trovansi depositi di limo in istrati orizzontali nei luoghi tranquillissimi, di sabbia fina nei luoghi poco agitati, di grossa sabbia e ciottoli ove agiscono con forza le onde e le correnti; finalmente sotto il livello inferiore delle maree si depongono banchi di sabbia grossa a straterelli spesso inclinati nei letti delle correnti e sul resto del fondo si formano sedimenti a strati orizzontali, tanto più fini quanto più le acque sono tranquille o di maggiore profondità.

**12. Perturbazioni nella formazione dei sedimenti marini attuali.** — La formazione de' sedimenti non avviene però sempre con tanta regolarità, giacchè v'hanno assai di sovente delle cause che la disturbano, quali sono le maree, i venti, le burrasche, ecc. Per effetto delle maree, movendosi le acque sei ore in un verso e altre sei in un altro, i depositi che si formano in uno stesso luogo possono cangiar di natura per la variazione delle sostanze trasportate dalle acque: si possono quindi formare strati alternanti di varia natura, od almeno produrre delle distinzioni assai sensibili fra i successivi strati, anche di natura eguale. L'azione dei venti è ancora più importante; giacchè, se essi durano in una direzione per un certo tempo e poi dopo soffiano in un'altra direzione, potrà avvenire che uno stesso sito ora vi sia esposto ed ora ne sia difeso; nel primo caso vi si depongono soltanto ghiaie e sabbie, e nel secondo anche limo e altri sedimenti leggeri; e così possono prodursi sul suo fondo dei depositi alternati di diversa natura. Nelle burrasche poi, essendo accresciuta di molto l'agitazione dell'acqua, aumenta di molto la forza corrosiva e di trasporto, e ne avviene un'alterazione più o meno grande nei depositi già formati o che sono in via di formazione.

**13. Distribuzione degli animali nei sedimenti marini attuali.** — Ora ci resta a vedere il modo con cui gli avanzi degli animali morti si distribuiscono nei sedimenti finora descritti, secondo che sono animali galleggianti o no. Tutti i mammiferi, gli uccelli, i rettili e i pesci che muoiono nel mare, i molluschi cefalopodi, le aplisie, ecc., sono galleggianti dopo la morte, o per la loro naturale leggerezza, o per la distensione dei loro corpi cagionata dai varii gas prodotti dalla putrefazione delle parti molli. Galleggiando sull'acqua, sono essi portati per la maggior parte verso le coste e

vi vengono depositati come ogni altro corpo. Se sono deposti sopra una costa nuda ed a scogli, si distruggono prontamente per l'azione delle onde; se rimangono sopra una spiaggia sabbiosa, il più delle volte si scompongono, e si disperdono le parti del loro scheletro; se finalmente cadono in un fondo tranquillo, vengono ben presto ricoperti da sedimenti fini, che li inviluppano e ne mantengono unite le parti dure, e spesso ricevono e conservano le impronte ben anche delle parti molli. Le conchiglie galleggianti, per esempio quelle dei nautili, delle seppie, ecc., sono spinte dalle acque verso le coste e deposte sulle spiagge all'altezza delle alte maree, di rado e solo per eccezione cadono al fondo del mare. In quanto agli animali che non galleggiano, come le conchiglie che vivono infisse nel suolo, colla bocca in basso e le due valve disposte lateralmente, può avvenire invece che muoiano di vecchiezza o per un casuale deposito di sedimento in conseguenza di qualche burrasca o di qualche vento, ed allora rimangono involte dai sedimenti nella loro posizione normale e verticale, o può avvenire che siano svelti dalla loro sede naturale e trasportati altrove. In questo secondo caso vanno soggetti alle leggi che regolano il deporsi dei sedimenti, e non trovansi collocate nella loro posizione normale (verticale), ma in quella d'equilibrio, cioè nell'orizzontale.

Lo studio della distribuzione geografica degli animali è d'un'importanza capitale per la geologia, giacchè questa ne può trarre abbondanti materiali per indagare lo stato della terra in ogni sua epoca. Gli animali marini si possono distinguere in pelagici e costieri; i primi vivono sempre in alto mare (molti pesci, cefalopodi e pteropodi), ed ogni mare od ogni regione ne può avere delle specie particolari; i secondi vivono costantemente sul litorale, e perciò la loro distribuzione è soggetta alle influenze delle correnti, della temperatura, della configurazione del litorale stesso, della natura e del livello del fondo, ecc. Le correnti marine tendono talora a diffondere sopra una stessa costa le specie indifferenti alla temperatura; altre volte invece tendono a ristringere ed a fissare gli animali entro certi confini più o meno larghi anche d'una medesima costa; il che è ordinariamente l'effetto delle variazioni topografiche di temperatura e della configurazione del suolo.

**14. Sedimenti fluviali e lacustri attuali.** — Si formano tutti per la corrosione delle rocce d'ogni natura, prodotta dal gelo e dalle piogge nelle regioni boreali ed australi, dalle sole piogge nelle regioni calde. Tutti sanno come queste cause valgano attualmente a distruggere le rocce solide e traspor-

tarne altrove i frammenti, ma osserva un distinto geologo, non esser giusto paragonare la natura attuale alla natura passata, salvo che si consideri un suolo vergine invece di un suolo coltivato. Diffatti, secondo lui, i paesi non ancora tocchi dalla mano dell'uomo vedonsi coperti dovunque d'un'attiva vegetazione, che guarentisce il suolo dall'azione dell'acqua, sicchè i torrenti son pochi, e anch'essi non trasportano che una lievissima quantità di materie terrose; in un suolo coltivato invece, essendo smossa la terra per la coltura e spogliata della ricca vegetazione naturale, l'acqua vi produce effetti immensi, ne toglie continuamente gran quantità, giunge spesso a denudare le rocce che erano ricoperte una volta di buona terra vegetale, ed i torrenti e fiumi trasportano una quantità grandissima di materie a colmare i laghi, le baie ed i golfi in cui vanno a sboccare.

I sedimenti fluviali, detti specialmente *alluvioni*, si formano in un modo analogo ai marini, a seconda della velocità dell'acqua che li trasporta. I ciottoli si depositano prima delle ghiaie, allorchè le correnti sboccano in un alveo più largo e meno ripido; più tardi si depongono le ghiaie; le sabbie e le argille vengono trasportate sin dove la corrente sbocca in qualche acqua tranquilla, per esempio in un lago, ove si fermano anch'esse, dando origine agli strati detti *lacustri*. Ben pochi sono in realtà i sedimenti fluviali trasportati al mare allorchè si confrontano con quelli deposti lungo il corso del fiume: quei sedimenti che arrivano al mare vi seguono le leggi che regogolano i marini, e formano perciò degli strati più o meno inclinati a seconda della forma del fondo, del movimento delle acque, ecc. Perciò tutti i sedimenti terrestri tendono a colmare le valli, i laghi e il mare a spese delle colline e delle montagne, come i marini rialzano il fondo del mare a spese delle coste.

**15. Sedimenti alle foci dei fiumi. - Delta.** — Merita singolare studio il modo con cui si comportano i sedimenti fluviali allorchè si formano alle foci dei fiumi. Quando il pendìo della spiaggia è grande, il mare non ha forza di rimandare indietro le materie che riceve; quando invece è assai lieve, si stabilisce quasi un conflitto fra il mare e il fiume, che può essere grandemente modificato dalla mano dell'uomo. Le materie che arrivano, trasportate dai fiumi, essendo continuamente rigettate del mare verso la terra ferma, finiscono col depositarsi presso la foce e giungono a formare sedimenti così alti da sporgere dalle acque stesse e prolungare la terra ferma. Questi sedimenti, per essere solcati dai varii rami dei fiumi, hanno la forma triangolare della lettera greca denominata *delta*, e ricevono

appunto questo nome. Esempii comunemente noti sono quelli del Po, del Nilo, ecc.; ma anche nei nostri laghi lombardi ne abbiamo parecchi, quali sono quelli formati agli sbocchi del Ticino nel lago Maggiore, dell'Adda in quel di Como, ecc. Si calcola che il Po trasporti al mare più di 40,000,000 di metri cubici di materie solide all'anno, e che l'allungamento della spiaggia sia di circa 70 metri all'anno. Per tale allungamento la città d'Adria è in oggi distante circa venti miglia dal mare a cui ha dato il nome; e Spina e Ravenna, che erano porti di mare, ora ne distano alquanto, l'una undici miglia, l'altra quattro.

**16. Cordoni litorali e lagune.** — Analoga alla produzione dei delta è quella dei *cordoni litorali*. Le sabbie e i sedimenti marini, risospinti dalle maree, vengono spesso ad ammucchiarsi lungo linee parallelle alle coste, ma ad una certa distanza, e per una tale continuata azione giungono a produrre dei rialzi in forma d'argini, detti *cordoni litorali*, che sporgono dall'acqua e racchiudono fra sè e la terra ferma degli spazii, ove rimangono paludi salate, alimentate di tanto in tanto dalle irruzioni del mare dopo la rottura dei suddetti cordoni, o continuamente dai fiumi che vi sboccano. Esempii comunissimi sono quelli che diedero origine alle lagune venete, alle paludi pontine, ecc. Se, quando le lagune rimangono separate dal mare, i fiumi continuano ad attraversarle e deporvi i loro sedimenti, esse a poco a poco si colmano e scompaiono, e tale fu la sorte di parecchie paludi toscane. Se invece, naturalmente o ad arte, i fiumi non vengon più a passare ed a colmare le lagune, queste rimangono continuamente ad infestare coi loro miasmi tutto lo spazio che occupano ed anche buon tratto dei paesi vicini; e tale è il caso delle paludi pontine, delle maremme toscane e delle lagune venete; dalle quali ultime anzi fu l'arte veneta che deviò il corso dei fiumi, affinchè Venezia rimanesse sempre isolata in mezzo alle acque.

**17. Distribuzione degli animali nei sedimenti fluviali attuali.** — Come nei sedimenti marini, così anche ne' fluviali si trovano sparsi gli avanzi di animali terrestri ed acquatici, ed anche di loro fa d'uopo studiare il modo di distribuzione. I vertebrati in putrefazione e le conchiglie possono galleggiare, ed allora seguono il corso dei fiumi; ma non è a credersi che nei luoghi selvaggi gli animali portati dalle acque correnti sieno così numerosi come quelli che si osservano in analoghe circostanze nei nostri paesi. Il D'Orbigny dice di non aver veduto che rarissimi casi di cadaveri galleggianti sui fiumi dell'America. Supposto anche il caso che alcuni

siano trasportati dai torrenti nelle inondazioni, quasi tutti si fermano lungo il loro corso e lungo quello dei fiumi, essendo deposti dalle acque sulle sponde; ed anche quelli che possono giungere sin presso al mare sono spinti dalle ondate e dai venti verso le spiagge, ove le loro parti o rimangono congiunte o vengono distaccate e disseminate, secondo che l'acqua è tranquilla o agitata. Gli animali poi che muoiono in terra, si alterano, si putrefanno prontamente, e non ne rimane conservata alcuna parte, anche dello scheletro, a meno che qualche inondazione non li trasporti in luoghi ove possano essere ricoperti da sedimenti.

**18. Miscela degli animali terrestri e marini nei sedimenti alle foci dei fiumi.** — L'ultimo argomento che rimarrebbe a trattare è quello dei confini entro i quali avviene la miscela degli animali marini e terrestri; or bene, le osservazioni dei geologi provano che questi limiti sono assai ristretti. Gli animali che giungono al mare sono respinti verso terra, e di rado si allontanano più di qualche chilometro a destra od a sinistra della foce; le poche conchiglie terrestri leggeri che giungono alla foce sono spesso distrutte dall'azione delle maree e delle ondate; e meno ancora possono esser spinte entro i fiumi le conchiglie marine dalle maree e dalle tempeste. D'altra parte è un fatto ben provato che alla foce dei fiumi v'ha sempre un lungo tratto, in cui non vive alcuna conchiglia, alcun pesce, perchè l'acqua vi riesce mista di dolce e di salsa, e gli animali d'acqua dolce muoiono appena incontrano acqua salsa, e i marini non possono vivere nell'acqua dolce: v'ha però un certo numero di conchiglie, che vivono nelle acque salmastre, ma sono poche e non si avanzano molto nè nei fiumi nè nel mare.

Da quanto abbiam detto vedesi esser facile, non solo dalla struttura dei sedimenti ma anche dagli avanzi animali che contengono, dedurre l'origine fluviale, lacustre o marina dei sedimenti che formano la corteccia terrestre.

**19. Rocce acquee d'origine chimica.** — Appartengono a questa categoria di rocce acquee le calcaree, la silice e il ferro idrato.

La *calce carbonata* è pochissimo solubile nell'acqua pura, ma vi si discioglie in discreta quantità quando l'acqua stessa contiene già disciolto un po' di gas acido carbonico. Or bene, l'acqua che in contatto dell'aria o passando per il terreno vegetale ha assorbito un po' di quel gas e poi filtra attraverso gli strati calcarei, discioglie un po' di carbonato di calce, lo trasporta seco e lo depone appena giunge all'aperto, in conseguenza della sua evaporazione o dello svolgimento dell'acido carbonico. La calce carbonata così deposta forma

i *travertini* così conosciuti a Roma e nei suoi dintorni, i *tufi* e le *incrostazioni* che tappezzano molte grotte, gli *alabastri calcarei*, ecc.

La *silice* non si trova molto frequentemente disciolta nell'acqua, ma è deposta in molta copia dalle acque calde che sortono da certi terreni vulcanici, e specialmente da quelli dei così detti *geiser* dell'Irslanda.

Il *ferro idrato*, del color del ruggine, è disciolto e deposto da molte acque, in quasi tutti i paesi, e specialmente da quelle che sortono da montagne contenenti abbondanti minerali di ferro.

Nel mare sono frequentissime le incrostazioni calcaree. Sulle coste della Guadalupa si trovano conglomerati contenenti ossa umane, e prodotti in epoca recente per mezzo di un cemento calcareo. Nelle lagune venete si forma anche in oggi una roccia di origine chimica, di colore di ruggine o quasi nera, detta *caranto*, e composta di sabbie e ciottoli saldati insieme da un cemento ferruginoso, il quale è prodotto dalla alterazione di oggetti di ferro caduti sul fondo dell'acqua.

**20. Rocce vulcaniche**. — Le *rocce vulcaniche* comprendono non solo le *lave*, le *scorie*, i *lapilli*, le *ceneri vulcaniche* e i *tufi vulcanici*, che sono i prodotti dei vulcani attuali, ma benanche le rocce che più a queste somigliano, e che devono essere state prodotte in analoghe circostanze, ma in epoche anteriori.

I vulcani attuali, quando sono in attività e in eruzione, emettono delle rocce in istato di fusione ignea, le quali scorrono e discendono al piano a guisa di torrenti, coprendosi di croste irregolarissime, e raffreddandosi e solidificandosi a poco a poco: queste sono le *lave*. Le stesse rocce fuse, lanciate in aria in pezzi più o meno grossi durante le eruzioni, ricadono in masse scoriacee e bollose, che si chiamano *scorie*, *lapilli*, e *bombe*. Tanto queste, quanto le lave, esaminate bene nelle fratture, presentano un aspetto vitreo e più o meno spugnoso o sparso di bolle, che deriva dalla loro fusione e dallo svolgersi di gas o di vapori durante la loro solidificazione. Alcune sono affatto somiglianti al vetro con cui si fanno le bottiglie nere, e si distinguono coi nomi di *ossidiana* e *vetro vulcanico*; altre sono affatto spugnose, fibrose e leggerissime, ma pure presentano sempre la loro natura vitrea nella frattura delle loro fibre, e sono le *pomici*. Finalmente le *ceneri vulcaniche* sono materie veramente polverulenti come la cenere, lanciate in aria dai vulcani al principio delle grandi eruzioni; le *sabbie vulcaniche* sono di granelli meno sottili; e queste e quelle, cadendo nel mare o nei laghi, vi si depongono a strati e alla fine vi formano delle rocce solide, le quali possono contenere

anche degli avanzi d'animali e di piante, e sono quindi da considerarsi come rocce d'origine mista, vulcanica e sedimentaria. Sono questi i *tufi vulcanici*, e si riconoscono facilmente perchè somiglianti alle arenarie, ma meno sode e sparse di cristalli ben determinati di minerali proprii dei vulcani, come sono il *pirosseno* in cristallini neri prismatici, l'*amfigeno* in cristallini bianchicci tondeggianti, ecc.

La *trachite*, roccia grigia, così chiamata perchè singolarmente aspra al tatto, sebbene non molto porosa, le *amiddaloidi*, che sono vere lave sparse di cavità vuote o ripiene di varii minerali, in modo da somigliare a paste sparse di mandorle, e il *basalte*, per lo più nero o molto scuro, pochissimo poroso, ma non così cristallizzato come il granito e le rocce analoghe, sono le principali *rocce vulcaniche antiche*, cioè che devono aver avuto origine in tempi antistorici, ma in circostanze analoghe a quelle delle rocce vulcaniche attuali. È già detto nel trattatello precedente (pag. 202 e seguenti) come i basalti sono molto diffusi sulla superficie della terra, hanno bene spesso una struttura prismatica o colonnare ben definita, e formano filoni e vene attraverso altri terreni, oppure vasti depositi sulla superficie del suolo, precisamente come le lave escite dai vulcani attuali.

In Italia dal monte Amiata fin al di là di Napoli, in Sicilia e nei monti intorno a Vicenza e Padova, sono comunissime e facilissime a studiarsi tutte queste rocce vulcaniche, ora d'origine moderna ed ora d'origine antistorica.

**21. Rocce plutoniche od ipogeniche.** — Le rocce *plutoniche*, che da molti e nel precedente trattatello (pagina 155 e seguenti) sono chiamate *ignee*, perchè formate per la solidificazione delle rocce primitivamente in istato di fusione ignea, e da altri ancora chiamate *ipogeniche* perchè formate *sotto* le altre, comprendono il granito e tutte le rocce che gli somigliano per la loro struttura nettamente cristallina, e per l'assoluta mancanza di cavità e pori analoghi a quelli delle rocce vulcaniche. Questa mancanza di pori sembra dovuta a ciò che esse rocce si sono solidificate in modo diverso delle vulcaniche, cioè non già all'esterno e in circostanze favorevoli alla emissione dei gas e vapori in esse contenuti, ma sotto altre rocce o sotto la forte pressione d'una atmosfera molto alta e ricca di vapori acquei, così che i gas furono costretti a rimanere nelle rocce stesse in via di solidificazione, e contribuirono forse, insieme coi vapori dell'atmosfera, a far loro assumere quella struttura cristallina così bene sviluppata. Tutti conoscono il *granito* comune, composto di felspato bianco, di quarzo un po'vitreo e grigio, e di mica per lo più nero. A Baveno sul lago Maggiore e in altri luo-

ghi il granito ha il felspato roseo. Il *granito porfiroide* è granito comune sparso di grossi cristalli di felspato bianco. Il *gneiss* è granito stratificato e coi suoi elementi disposti tutti coi cristalli e colle lamine nella stessa direzione; è il *serizzo* e la *béola* o *bévola* dei Lombardi. La *sienite* è granito, in cui le laminette di mica sono rimpiazzate da cristalli prismatici e allungati di *amfibola nera* (1). Il *granito talcoso* o *protogino* è granito col mica rimpiazzato da talco, minerale ontuoso al tatto e per lo più verde scuro, di cui è una varietà la comunissima pietra saponacea. L' *eurite* è felspato quasi puro. La *diorite* somiglia al granito e alla sienite, ma è formata soltanto di felspato e di cristalli d' amfibola nera.

I veri *porfidi* sono rocce formate d'una pasta più o meno omogenea, poco o nulla cristallizzata, sparsa di cristalli di varii minerali, che per lo più entrano nella composizione della pasta. V'hanno quindi *porfidi rossi* o *porfidi propriamente detti, porfidi verdi, prasofiri, porfidi neri* o *melafiri, porfidi rossi quarziferi,* che passano insensibilmente al granito roseo, ecc.

Di tutti queste rocce offrono numerosi esempii le Alpi, anche nella sola Lombardia, e perfino lo stesso selciato della città di Milano, formato coi ciottoli raccolti nelle pianure e nei fiumi circostanti. V'hanno altre rocce plutoniche, ma meno importanti, e distinte da queste per caratteri meno facili a riconoscersi. Aggiungerò soltanto che essendo in generale le rocce formate di minerali misti in proporzioni variabilissime, passano spessissimo l'una all'altra in modo insensibile, così che spesso è difficile determinare in modo ben certo a quale specie appartenga una data roccia. Da questa difficoltà nacquero dei nomi appositi per indicare le rocce non ben determinabili; così, per esempio, si chiamano *trappi* tutte le rocce che stanno fra i basalti, la diorite, le lave e i porfidi neri, e che ora sono vere rocce vulcaniche ed ora rocce plutoniche.

**22. Rocce metamorfiche**. — Le rocce in origine sedimentarie o plutoniche, ma più tardi alterate, modificate o trasformate interamente, in modo da presentare almeno una diversa struttura, e spesso anche una composizione affatto differente dalla primitiva, sono quelle che vengono chiamate *metamorfiche*, come a dire rocce che hanno subìto una metamorfosi. Il *gneiss*, che ho già descritto fra le rocce plutoniche, può considerarsi assai spesso come una roccia metamorfica. Il *micascisto o scisto micaceo*, che è composto di mica molto abbondante, di quarzo o di felspato, e che si sfalda in

(1) Vedi la nota nella pagina 162.

lamine come la lavagna, lo *scisto argilloso*, già descritto fra le rocce argillose, lo *scisto amfibolico*, che è un composto di felspato e amfibola e si sfalda come i precedenti, il *calcare saccaroide* o marmo statuario, i *diaspri*, molti *marmi*, le vere *ardesie* o *filladi* o *lavagne*, alcune varietà del *protogino* descritto fra le rocce plutoniche, lo *scisto talcoso* o *steascisto*, che differisce dallo scisto micaceo soltanto perchè contiene talco in luogo di mica, e la *serpentina*, roccia di solito compatta, di color verde o nero, uniforme o macchiato talvolta dolce al tatto, tenacissima, così che il martello vi lascia della tracce dei suoi colpi, ma difficilmente la rompe, e di color rosso di ruggine alla superficie quando è andata soggetta ad una profonda alterazione all'aria, sono le principali rocce metamorfiche. Che poi molte di esse siano realmente *metamorfiche*, lo provano molte osservazioni di rocce sedimentarie, argille, arenarie e calcarei, che coll'avvicinarsi a rocce vulcaniche o plutoniche, oppure a filoni metallici, si vanno a poco a poco modificando, così che alla fine, al contatto di quelle rocce modificanti e di quei filoni, si trovano trasformate in scisti micacei, talcosi o argillosi, in diaspri, in marmi saccaroidi, ecc. Nel precedente trattatello queste rocce sono chiamate ora *rocce di transizione* ed ora *metamorfiche*. (1).

**23. Varia disposizione degli strati sedimentarii.** — Fu già mostrato nel precedente trattatello come non v' abbia quasi più alcun sedimento anteriore all' epoca storica, il quale si trovi ancora nella sua posizione orizzontale primitiva, e come questo fatto, combinato coi caratteri forniti dai fossili, serva a determinare l' età relativa dei terreni e delle loro dislocazioni. I primi strati che si formano sul fondo d' un lago o d' un mare seguono un poco le irregolarità d' esso fondo, ma i successivi fanno a poco a poco scomparire quelle irregolarità e sono affatto orizzontali. In alcuni casi però v' hanno strati originariamente un po' inclinati, specialmente là dove un fiume, sboccando nel mare o in un lago col fondo inclinato, vi depone successivamente nuovi strati ad ogni sua piena; ma la loro inclinazione e assai piccola, e si può dire ancora che in generale *gli strati nella loro posizione originaria sono orizzontali*. (p. 196).

I movimenti delle acque del mare, smuovendo i sedimenti, tendono a rendere sempre più piana la superficie generale d'essi sedimenti, ma, quando i sedimenti sono quasi a fior d' acqua, quei movimenti dell' acqua, combinati coll' azione del vento, danno alla superficie

(1) Vedasi alla fine di questo trattatello una nota sullo studio e sulla determinazione delle rocce.

dei sedimenti una tale ondulazione, che ne fa riconoscere subito l'originaria posizione.

**24. Fossili**. Abbiamo già veduto nello stesso trattatello precedente che si chiamano *fossili* gli avanzi e le tracce degli animali vegetali vissuti nelle epoche antistoriche, che si trovano entro le rocce sedimentarie (pag. 162), che appunto per questo servono a far riconoscere l'origine acquea di esse rocce (pag. 160); che si sono conservati perchè sono rimasti sepolti nei sedimenti e si sono con ciò sottratti ad una completa distruzione (pag. 175); e che sono diversi nei diversi terreni, così che servono appunto a caratterizzarli e distinguerli, ma che le loro specie si sono succedute a poco a poco, e non già in epoche successive, regolarmente determinate da cataclismi generali su tutta la terra (pag. 176 a 195, e pag. 254 a 273). Ora aggiungerò che molti di essi sono rimasti molto tempo esposti nell'acqua prima d'essere sepolti nei sedimenti, come lo provano molte valve di molluschi, le ossa di balene ed altri fossili coperti di serpule (specie di vermi marini, fig. 2), di ostriche di altri animali marini, i quali non hanno

Fig. 2. — *Serpola nel cardium purulosum.*

potuto vivere e fissarsi su quegli avanzi se non dopo la morte dei loro animali.

Il signor D'Orbigny distingue i veri *fossili* dalle *impronte* lasciate dagli animali o da altri corpi negli strati. *Impronte propriamente dette* sono per lui quelle lasciate da conchiglie, da vermi, da qualunque altro animale morto e consumatosi sul sito, in modo che se ne possono più o meno riconoscere i caratteri. *Impronte fisiologiche* sono le tracce e le impronte lasciate dai quadrupedi, dai rettili, dai pesci, dai serpenti, dai vermi, ecc., nel camminare, nel nuotare o nello strisciare sulla superficie ancora molle degli antichi strati, e conservate poi colla successiva solidificazione degli stessi strati. Furono anche chiamata *Jeniti* da qualche geologo inglese.

*Impronte fisiche* sono quelle lasciate dalle gocce di pioggia, ed altre di analoga origine. *Coproliti* sono gli escrementi fossilizzati.

Fig. 3 e 4. — *Impronte di passi.*

Fig. 5. — *Coproliti.*

Quando sono molto abbondanti, queste ultime riescono importantissime perchè eccellenti per ingrassare i campi.

Nello stesso trattatello precedente è pur dimostrato come moltissimi sedimenti non siano formati se non da immense quantità di avanzi d'animali più o meno piccoli, accumulati e disposti in istrati alla stessa guisa delle sabbie marine e lacustri (pag. 179). Come si possano formare, ce l'insegnano le osservazioni fatte già da molto tempo su tutte le coste e spiaggie del mare, non che alcune singolarissime osservazioni recenti. Ehrenberg, il più attivo cercatore di esseri viventi microscopici, ne ha trovato immense quantità natanti in tutti i mari, ed altri ne ha trovati nel fango trasportato e deposto nel mare e nei laghi da molti fiumi e specialmente dal Reno; altri naturalisti ne hanno scoperto costituito quasi tutto il fondo dell'Atlantico, fra l'Europa e l'America, lungo la linea scandagliata pel telegrafo elettrico transatlantico; il signor Virlet d'Aoust ha verificato che un'immensa quantità di uova, deposte da insetti sul fondo di certi laghi d'America, si solidificano e si pietrificano a poco a poco, e vengono così a formare

attualmente una di quelle pietre singolari, che furono dette *ooliti*, appunto perchè appaiono formate di uova di pesce o d' insetti pietrificate e insieme agglutinate; e finalmente il già citato Ehrenberg ha trovato in varii luoghi di Germania, a molti piedi sotto il livello del suolo, uno strato tutto formato di esseri microscopici, simili a quelli che si trovano fossili in molte rocce, ma ancora perfettamente viventi.

La mineralizzazione o pietrificazione dei fossili è un argomento non ancora abbastanza studiato, ma che deve riescire interessantissimo. In alcuni casi sembra però già provato, che la stessa scomposizione delle materie animali o vegetali produca acido carbonico e che questo gas agisca sulle rocce circostanti, disciolga le calcaree e ne faciliti l' introduzione nei pori delle conchiglie e degli altri avanzi organici, oppure alteri le rocce silicifere, ne metta in libertà la silice, disciolga nello stesso tempo le parti calcaree degli animali e serva così a trasformare a poco a poco gli avanzi calcarei in fossili silicizzati.

Finora si conoscono almeno 24,000 specie diverse di fossili, distribuiti in più di 1400 generi spettanti a tutti gli ordini del regno animale. Nessuna di queste specie vive tuttora, ma tra quei generi ve n' ha più di cinquecentocinquanta, che comprendono specie viventi nell'epoca attuale.

Il signor D'Orbigny, ammettendo divisa la crosta terrestre in un certo numero di parti sovrapposte, e precisamente in vent' otto parti, da lui chiamate *piani*, contenenti altrettante *faune* ben distinte, ossia altrettanti gruppi ben distinti di specie, ammette di conseguenza altrettanti cataclismi generali, ciascuno dei quali diè morte alle specie preesistenti e fu seguìto da una creazione di specie novelle e affatto diverse dalle precedenti. Noi non possiamo più ammettere questo modo sistematico di vedere, e ne abbiamo veduto le ragioni nella nota in fine al precedente trattatello, ma tuttavia ne terremo conto nella descrizione dei terreni componenti la crosta terrestre.

**25. Classificazione zoologica dei fossili.** — Per istudiare i fossili, i geologi li classificano seguendo le norme adottate da tutti i zoologi. Li dividono quindi dapprima in quattro o cinque grandi categorie, cioè in: *vertebrati*, che hanno uno scheletro interno; *anellati*, che hanno il corpo diviso in molte parti, poste l'una dopo l'al-

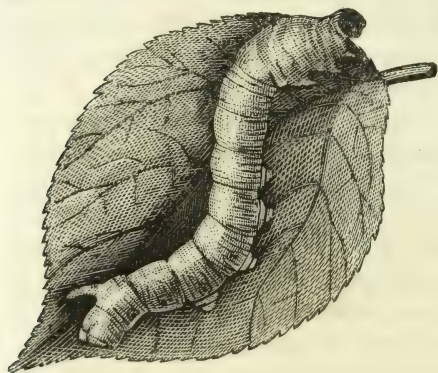
Fig. 6. — *Millepiedi.*

tra a guisa di anelli fig. 6; *molluschi*, col corpo molle e per lo più

difeso da una conchiglia; *raggiati*, colle parti del corpo disposte a guisa di raggi intorno ad un centro; e *protozoi*, animaletti semplicissimi e piccolissimi, ora nudi ed ora con un guscio calcareo o siliceo, da molti zoologi messi insieme ai raggiati, benchè ne differiscano per molti caratteri.

Fig. 7. — *Baco da seta.*

Sono *vertebrati* l'uomo e gli altri mammiferi, gli uccelli, i rettili, i batraci e i pesci.

Sono *anellati* (e da alcuni zoologi sono detti *articolati*) gli insetti, i miriapodi, gli aracoidi, i crostacei, i cirripedi, gli anellidi, i rotiferi e gli elminti o vermi intestinali.

I *molluschi* si dividono in cefalopodi, gastropodi, lamellibranchi o acefali, brachiopodi, pteropodi e tunicati.

Sono *raggiati* gli echinodermi, i polipi e gli acalefi.

Sono *protozoi* gli infusorii, i rizopodi e le spugne.

I *mammiferi* sono gli animali che *portano mammelle*, e quindi, appena nati, vengono allattati. Tali sono l'uomo, tutti i quadrupedi a sangue caldo (cani, gatti, lepri, scimmie, cavalli, ecc.) e i cetacei, cioè le balene, i delfini e gli altri animali analoghi, pisciformi.

Fig. 8. — *Scheletro d'uccello.*

Gli *uccelli* formano una classe naturalissima, caratterizzata dal sangue caldo, dalla riproduzione per uova, dalle ali, dalle penne, dal becco, ecc.

I *rettili* sono a sangue freddo e respirano sempre dell'aria. Alcuni camminano, come le lucertole, i coccodrilli, le tartarughe, ecc.; altri strisciano soltanto e mancano affatto di gambe, e sono i serpenti e le biscie.

Le rane, i rospi, le salamandre e altri animali analoghi, che respirano nell' acqua durante la prima parte della loro vita, e poi nell'aria, si riproducono per uova, hanno il sangue freddo e la pelle nuda, da alcuni naturalisti sono collocati nei rettili, e da altri distinti in un gruppo a parte, detto dei *batraci*, dal greco *batrax,* che vuol dir *rana*.

I *pesci* sono a tutti noti per la loro forma generale, la loro vita acquatica, le zampe trasformate in natatoie, ecc.

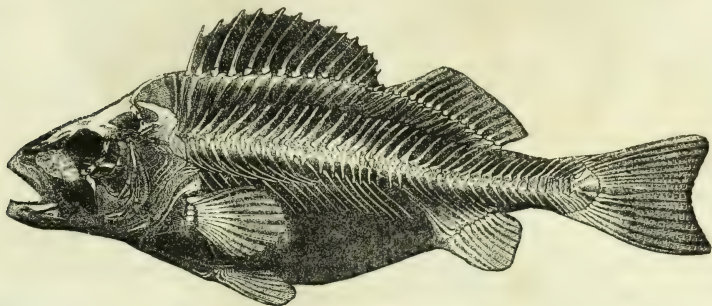



Fig. 9. — *Scheletro di pesce.*

Gli *insetti* ebbero il nome da una parola latina che esprime la divisione del loro corpo in segmenti. Hanno tre paia di zampe, ora due ed ora un solo paio di ali, ed alcuni pochi ne mancano affatto. A seconda dei caratteri forniti dalle ali, dagli organi della bocca, ecc., vengono divisi in gruppi distinti con nomi speciali. Sono poco abbondanti allo stato fossile, a motivo del loro modo di vivere e della poca consistenza dei loro corpi.

La parola *miriapodo*, di greca etimologia, vuol dire lo stesso che *millepiedi,* e miriapodi furono quindi chiamati gli animaletti comu-

Fig. 10. — *Millepiedi.*

nemente noti sotto questo nome di millepiedi e sotto quello di *centopiedi,* a motivo del gran numero delle loro zampe.

Dalla parola greca *aracne*, che significa *ragno*, venne il nome di *aracnidi,* dato a tutti i ragni e animali analoghi, che si distinguono dagli insetti perchè hanno quattro paia di zampe e mancano di ali.

*Crostacei* sono chiamati i gamberi, i granchii e tutti gli altri animali analoghi, che hanno il corpo coperto con una specie di scudo

Fig. 11. — *Granchio.*

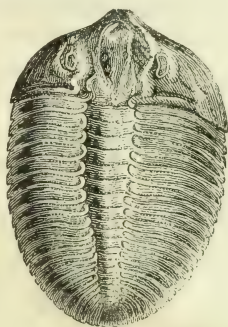
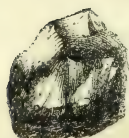



Fig. 12. — *Trilobite.*

duro come una crosta (fig. 11). Alcuni sono piccolissimi e quasi microscopici, ma numerosissimi in certe acque, e si trovano anche molto abbondanti allo stato fossile in certi strati sedimentarii (fig. 12).

I *cirripedi* sono crostacei che hanno i piedi con una particolare forma, cioè trasformati in *cirri*, ossia in organi che sembrano grossi capelli o fili articolati. Vi appartengono pochi animali, e special-

F. 13. - *Balano*

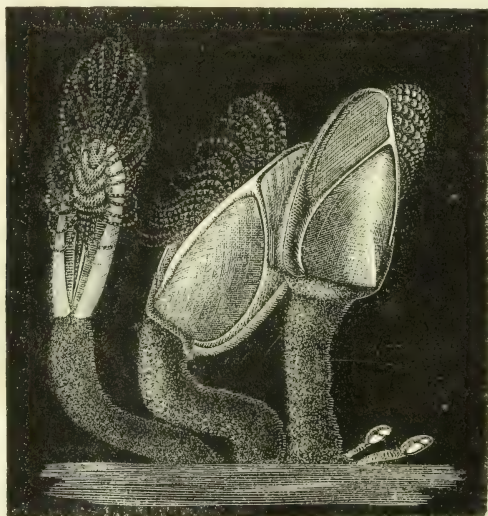



Fig. 14. — *Anatife.*

mente quelli che si chiamano *anatife* e *balani* o *pidocchi delle balene*, perchè spessissimo aderenti alla dura pelle di questi animali.

*Anellidi* sono chiamati molti vermi terrestri e marini, che hanno

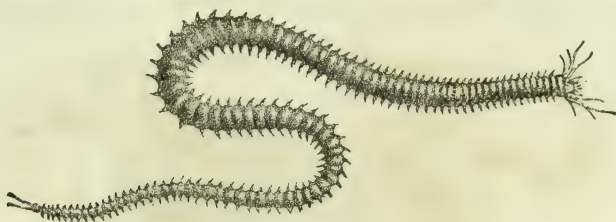



Fig. 15. — *Nereide.*

il corpo benissimo diviso in un gran numero di parti simili ad anelli, collocate l'una dopo l'altra.

*Rotiferi* si chiamano alcuni animaletti piccolissimi, quasi microscopici, i quali hanno ai lati della bocca due ciuffi di peli, che si possono muovere all'ingiro, in modo da sembrare due ruote. Questi

Fig. 16. — *Rotifero.*

movimenti fanno entrare nella bocca l'acqua e i corpuscoli che servono di nutrimento.

Gli *elminti* sono i vermi intestinali (fig. 17) e gli altri animaletti

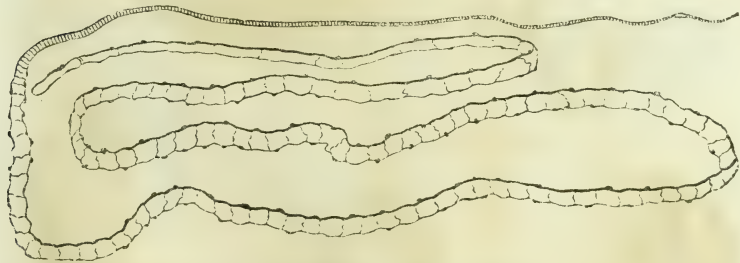



Fig. 17. — *Tenia o verme solitario.*

analoghi che vivono nell'interno ed a spese di altri animali, cagionando loro spesse volte malattie molto dannose ed anche la morte.

Molluschi *Cefalopodi* sono quelli che hanno attorno alla testa una corona di appendici, che servono a prendere gli oggetti, a nuotare od a camminare. Il loro nome viene da due parole greche, che significano *testa* e *piede*. Tali sono, per esempio i nautili tuttora viventi e gli ammoniti fossili.

*Gastropodi* o *Gasteropodi* (da due parole greche, che significano

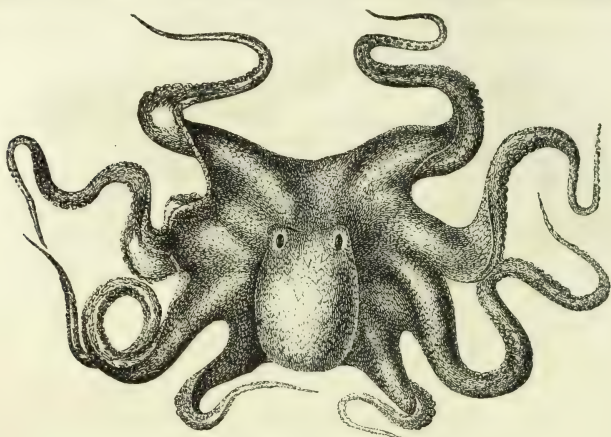



Fig. 18. — *Mollusco cefalopodo nudo.*

Fig. 19. — *Nautilo.*

Fig. 20. — *Ammonite.*

Fig. 21. — *Murice.*

Fig. 22. — *Voluta.*

Fig. 23. — *Cerizio.*

*ventre* e *piede*), sono detti i molluschi che strisciano col ventre come le lumache e i lumaconi comuni ed hanno per lo più una conchiglia d'un pezzo solo (fig. 21, 22 e 23).

*Lamellibranchi* sono chiamati i molluschi, i quali, come le arselle, le ostriche, ecc., respirano nell' acqua col mezzo di apposite lamine

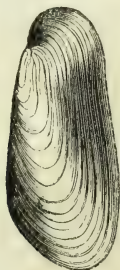



Fig. 24. — *Anodonta.*

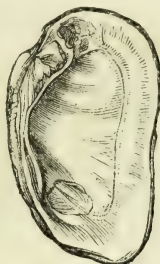



Fig. 25. — *Unio.*

(branchie) simili a quelli con cui respirano i pesci. Sono detti anche *acefali* perchè non hanno testa distinta; da due parole greche che significano *senza testa.* La loro conchiglia è in due pezzi o valve (fig. 24, 25, 26 e 27).

*Brachiopodi* sono altri molluschi, che somigliano agli acefali perchè hanno il corpo racchiuso in una conchiglia di due valve, ma

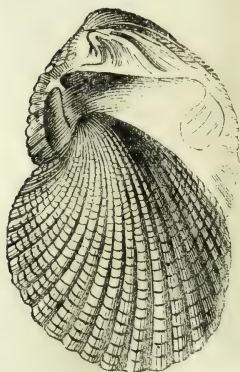



Fig. 26. — *Venericardia.*

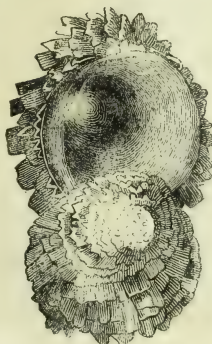



Fig. 27. — *Chama.*

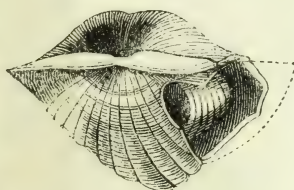



Fig. 28. — *Conchiglia di un brachiopodo fossile, aperta in parte per mostrare nell' interno uno dei bracci raccolti a spira.*

sono muniti di due appendici molto lunghe di cui si servono a guisa di braccia (fig. 28). Da due parole greche che significano *braccio* e *piede.*

*Echinodermi* sono chiamati i ricci di mare, le stelle di mare e gli altri animali analoghi, che hanno il corpo globoso o fatto a stella, e la pelle rugosa e sparsa di punte, come appunto indica il loro nome generico, fatto con due parole greche che significano *spina* e *pelle* (fig. 29, 30, e 31).

Le meduse, che sono animali marini in forma di fungo, d'aspetto gelatinoso, ed altri animali analoghi, senza guscio, mollissimi, che

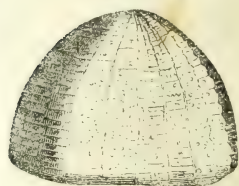



Fig. 29. — *Anauchite.*

Fig. 30. — *Spatanzo.*

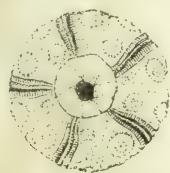



Fig. 31. - *Cidarite.*

si sciolgono in acqua poco dopo estratti dal mare, mandano spesso

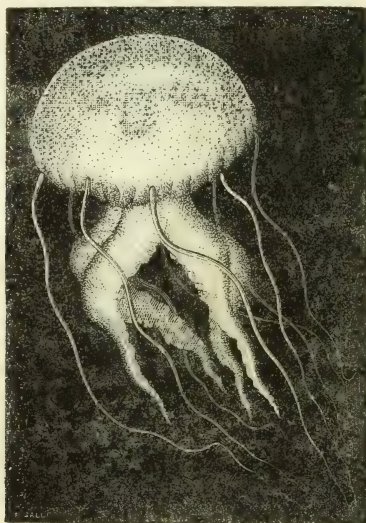



Fig. 32. — *Medusa.*

una luce fosforica bellissima durante la notte, e producono sulla pelle di chi li tocca l'effetto dell' ortica, furono chiamati *acalefi.*

L'animaletto del corallo e moltissimi altri animaletti, che si costruiscono delle abitazioni più o meno solide, ora cartilaginee ed ora pietrose (polipai), e in sì gran copia da rialzare il fondo del mare e da formare nuovi scogli e nuove isole, formano la classe dei *polipi*, che è forse, dopo quella dei molluschi, la più abbondante allo stato fossile.

Molti fra questi polipi furono distinti col nome di *briozoi* o *brio-*

Fig. 33. — *Corallo.*

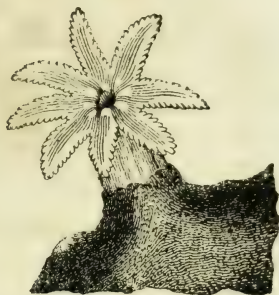



Fig. 34.
*Animaletto del corallo*
(ingranditi).

Fig. 35. — *Polipai.*

*zoarii*, perchè spesso le loro abitazioni hanno l'aspetto di quelle erbette che chiamiamo *muschi* (in greco *bryon*).

Gli *infusorii* sono animaletti piccolissimi, microscopici, che si sviluppano a migliaia nelle acque in cui si scompongano sostanze or-

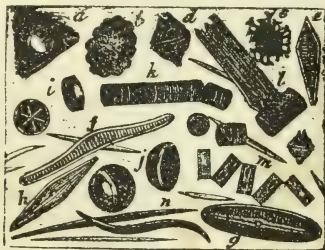



Fig. 36. — *Infusorii* (veduti col microscopio).

ganiche, come per esempio nelle infusioni di fieno, di pesce, ecc., dalle quali venne il loro nome.

***Rizopodi*** sono chiamati altri animaletti molto piccoli, ora microscopici ed ora visibili ad occhio nudo, ma la cui struttura non si può mai veder bene senza l'aiuto di lenti o del microscopio. Sono per lo più racchiusi in un guscio, il quale presenta un'infinità di

Fig, 37. — *Foraminiferi* (ingranditi col microscopio).

piccolissimi fori, dai quali escono altrettanti filamenti, che fanno l'ufficio di braccia per prendere gli oggetti, o di piedi per camminare. Per questo carattere sono anche chiamati *foraminiferi*.

Ogni animale che vive da sè forma un *individuo;* gli individui simili per forma, e capaci di riprodursi perpetuamente per mezzo di normale accoppiamento costituiscono col loro insieme ciò che si chiama *specie*. Il cavallo, l'asino, il bue, ecc., sono altrettante specie distinte. Quando differiscono per caratteri poco importanti, formano le *varietà*. Il cavallo arabo, il cavallo inglese, il cavallo svizzero, ecc. sono altrettanti varietà di una sola specie.

Le specie più affini fra loro formano un *genere*. Il cavallo, l'asino, il cuagga, l'emione, lo zebro e qualche altra specie analoga costituiscono il genere *cavallo*, latinamente chiamato *equus*. Ogni specie viene perciò indicata dai naturalisti sistematici con due nomi latini, l'uno generico, l'altro specifico. Il genere *equus* riesce così formato dalle specie *equus caballus*, *equus asinus*, ecc.

I generi fra loro più affini formano una *tribù* od una *famiglia*. L'unione delle tribù o delle famiglie dà gli *ordini*; quella degli ordini le *classi*. Il cavallo, l'asino e le altre specie del genere cavallino appartengono così alla famiglia degli *equini*, all'ordine dei *pachidermi* (che significa *animali a grossa pelle*), alla classe dei *mammiferi* ed alla grande categoria dei *vertebrati*.

**26. Dislocazioni degli strati.** — Esistono strati sedimentarii a tutte le altezze, sotto il livello del mare come sulle più elevate cime dei monti: è dunque da credersi che altre volte il mare si sia trovato fin sopra quelle cime e si sia poi abbassato, oppure è da credersi che si siano gli strati stessi sollevati fuori del mare, per formare i continenti e le montagne? È una quistione che rimase per molti anni sospesa, ma che ora i geologi hanno sciolto, ammettendo non solo dei *sollevamenti*, ma anche degli *abbassamenti* o *avvallamenti*, cioè ammettendo che gli strati stessi si sono formati in posizione orizzontale, ma poi furono *dislocati* per la rottura della crosta terrestre, così che alcune parti di questa crosta si abbassarono e portarono in molti luoghi più in basso il fondo del mare, e quindi fecero *abbassare* il livello del mare, mentre altre parti della crosta terrestre *si innalzarono* sopra il loro livello primitivo, e formarono le alture e i monti. Le prove di questa opinione si trovano esposte nel precedente trattatello con sufficienti particolari, là dove si parla degli strati tolti dalla loro primitiva posizione (pag. 196), della teoria di Elia di Beaumont sull'origine delle montagne (pag. 207), e dei varii movimenti del suolo nell'epoca attuale (pag. 212).

Gli strati d'origine recente e marina, che si trovano sollevati a 40, 50 e fino a 600 e più metri sul livello del mare, ma in posizione ancora orizzontale, in molti luoghi attorno al Mediterraneo, e dei quali parleremo più estesamente in avanti, formano un'altra prova, da aggiungersi alle precedenti.

**27. Denudazione**. — La *denudazione* ossia la corrosione e il trasporto di parti solide per mezzo dell'acqua in movimento, così che ne rimangano a nudo le rocce sottostanti, è un fenomeno assai importante e soltanto accennato nel precedente trattatello, a proposito degli strati discordanti. È un fenomeno non meno importante, nè meno comune della

sedimentazione, anzi ad esso corrisponde esattamente, perchè le acque non possono deporre sedimenti in un luogo, se non ne hanno preso i materiali in un altro, corrodendo le rocce in posto. Nelle Alpi ed ancora più negli Apennini sono frequenti le valli formate per corrosione e denudazione, e si riconoscono perchè le rocce componenti le loro pareti si corrispondono perfettamente in tutte le loro particolarità, così che si possono facilmente immaginare le parti intermedie asportate dall'acqua per aprirsi la valle. Quando la corrosione è ancora più potente le valli si allargano al punto che non sono più valli ma pianure, tra le quali o dalle quali sorgono a guisa di colline isolate gli avanzi delle rocce corrose, ma in modo che si può ancora fare il calcolo della quantità di materia portata via dall'acqua, studiando la stratificazione e la natura delle rocce componenti quelle colline (fig 37.) Tutte queste materie portate via dall'acqua sono state da essa deposte altrove

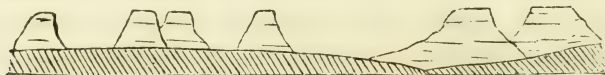



Fig. 38. — *Colline prodotte dalla denudazione.*

per formare dei sedimenti; e in alcuni luoghi si può benissimo venire a conoscere qual viaggio hanno fatto per passare da un luogo all'altro. Anche molti paesi che ora sono perfettamente piani devono questo loro stato a corrosioni e denudazioni ancora più complete, le quali hanno levate tutte le ineguaglianze prodotte dalla dislocazione degli strati che si trovano ancora sotterra rotti, ripiegati e smossi in molti modi (fig 38). Le contrade molto studiate per il carbon fossile che contengono ne offrono molti esempii interessantissimi.

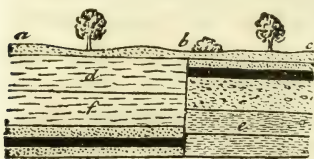



Fig. 39.
*Altro esempio di denudazione.*

Queste gigantesche corrosioni e denudazioni sembrano in gran parte dovute alle acque del mare, così come queste si vedono lavorare di continuo per ismantellare le costiere scoscese, cominciando col frastagliarle e ridurle a pezzi staccati a guisa di scogli e di aguglie, e terminando col distruggere anche questi scogli e queste aguglie, e collo spargerne i detriti regolarmente in istrati sul fondo del mare circostante. A questo modo molte città e molti villaggi, costruiti dapprima molto lontano dalle costiere, le

(1) Nella parte destra gli strati *f* e *d* furono sollevati insieme agli altri, ma poi corrosi e portati via dall'acqua, che ridusse piena la superficie del suolo.

hanno veduto avvicinarsi a poco a poco, così da prevedere più o meno vicina l'epoca in cui saranno distrutti e dovranno essere rifabbricati più entro terra. La stessa azione dell'acqua del mare spiega perchè dalle corrosioni risultano pianure più o meno regolari e orizzontali. In fatti, le acque del mare, messe in moto dai venti e dalla marea, non si muovono con una forza sufficiente per corrodere le rocce se non fino a una certa profondità, e quindi non corrodono le rocce se non fino a questa profondità, e là le lasciano intatte in modo che formino un piano orizzontale, sul quale si possono distendere regolarmente gli strati sedimentarii. È per questo che molte costiere in via di corrosione presentano al loro piede, a una certa profondità sotto il livello del mare, una terrazza orizzontale, più o meno estesa, a seconda dell'originaria estensione del continente, della durezza delle rocce, ecc.

Le costiere attualmente in via di corrosione presentano, oltre a questa piattaforma subaquea, una serie di caverne litorali al livello del mare, al basso delle pareti verticali e di nuda roccia; e questa stessa roccia nuda è sparsa di molte piccole cavità a quello stesso livello, fatte dai molluschi e dagli altri animali che sogliono perforare le rocce per farle servire d'abitazione. Tutte le volte che si troveranno colline o valli con pareti scoscese, con aguglie isolate, con caverne, con tracce di corrosioni antiche, con tracce di perforazione fatte da animali, e con delle piattaforme orizzontali alla loro base, è dunque lecito ammetterle come antiche costiere marine. Ebbene, queste cose si osservarono in molti luoghi, fra i quali sono a citarsi molti punti delle coste del Mediterraneo; e forse si troveranno anche in altri, che non furono peranco abbastanza studiati sotto questo riguardo.

In Sicilia v'hanno poi delle grandi valli fatte ad anfiteatro, con gradinate regolarissime quasi tutt'all'intorno, che sembrano fatte ad arte dall'uomo; ma, osservate meglio, presentano tutti i caratteri di antiche successive costiere, l'una dopo l'altra emerse dal mare, in conseguenza di altrettanti movimenti ascensionali del suolo.

Molte aguglie, colonne ed altre rocce singolari, che s'innalzano dal suolo in certi paesi, sono da considerarsi anch'esse come gli avanzi o le tracce di antiche costiere, perchè identiche a quelle che così di frequente ornano ma nello stesso tempo rendono pericolosissimi certi tratti delle coste formate di rocce molto resistenti; ma ve ne sono altre, le quali somigliano molto a questi scogli, ma hanno tutt'altra origine, provenendo dall'alterazione delle rocce per opera degli agenti

atmosferici. È dunque importantissimo di bene studiare tutte queste cose per non andar a rischio di supporre l' esistenza di mari e di co-

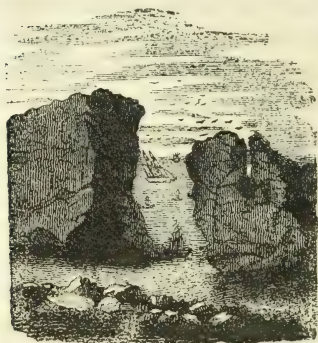



Fig. 40. — *Esempii di scogli rotti e diversamente configurati per opera delle acque.*

stiere là dove non hanno forse mai esistito, o di spiegare come rocce naturalmente alterate all' aria quelle corrose e rotte dal mare.

**28. Età relativa delle rocce sedimentarie e criterii per determinarla.** — Per determinare l'*età relativa* delle varie categorie di rocce si comincia dalle sedimentarie, perchè sono quelle che presentano migliori caratteri per tale determinazione, il cui principio fondamentale si è, che *quando le rocce stratificate sono nella loro posizione naturale, le più antiche sono le più profonde, e tutte le altre sono tanto meno antiche o tanto più moderne, quanto più vicine alle superficiali, che sono le più moderne.* Questo è il principio o criterio *stratigrafico* ed è il più sicuro, ma quasi sempre è necessario servirsi di altri due criterii, cioè del criterio *mineralogico*, consistente nella natura mineralogica delle rocce da studiarsi, e del criterio *paleontologico*, consistente nei *fossili* in esse rocce contenuti.

Il criterio stratigrafico è fondato sul fatto incontrastabile che *le rocce sedimentarie si sono prodotte nello stesso ordine cronologico col quale sono sovrapposte*, cioè che ciascuna di esse, formandosi, non ha potuto che deporsi su quelle prima di lei esistenti. È facilissimo ad applicarsi quando le rocce non sono smosse dalla loro posizione naturale; ma quando gli strati sono inclinati, verticali ed anche capovolti, bisogna chiamare in aiuto anche gli altri due.

È un fatto che uno strato può avere molta estensione in lungo e in largo, senza mutare menomamente di natura mineralogica, così che si ritrovi in più paesi differenti, per esempio in Lombardia, nel Veneto e in Piemonte, sempre cogli stessi caratteri, e si possa assumere come un buon *orizzonte geologico* per determinare l' età relativa delle

rocce superiori ed inferiori; ma non sempre, anzi assai di rado questo avviene, e invece uno stesso strato varia spesso di natura mineralogica passando da un luogo all'altro, ora più ora meno gradatamente, così che uno stesso strato può, per esempio, essere calcareo in Lombardia, arenaceo in Piemonte e argilloso nel Veneto. In tal caso il carattere mineralogico perde ogni suo valore, se si vogliono paragonare fra loro gli strati di quei tre paesi, ma può rimanere ancora importante nello studio d'un solo paese, nel quale lo strato non subisca considerevoli variazioni, per esempio nella sola Lombardia.

Quando perdono di valore i criterii stratigrafico e mineralogico può valere moltissimo il criterio *paleontologico.* Già nel trattatello precedente e nelle sue Aggiunte fu abbastanza estesamente esposto quello che ora si può credere intorno alla comparsa degli animali sulla terra, alla loro scomparsa, ed alla conseguente continua variazione avvenuta nella popolazione della terra in tutte le epoche antistoriche. Vi è esposto come gli animali siano andati cambiandosi a poco a poco e non per tante successive creazioni e distruzioni corrispondenti ad altrettanti universali cataclismi; e come non possa bastare una sola specie nè un solo piccolo gruppo di specie a caratterizzare nettamente e decisamente uno strato od un gruppo di strati, ma se ne debba studiare il maggior numero possibile, perchè il carattere paleontologico va dedotto, per così dire, dalla pluralità dei voti espressi dai fossili e non da uno solo. Quando si hanno a confrontare in paesi differenti due strati, pei quali non si possa stratigraficamente constatare essere l'uno la continuazione dell'altro, e nessun dato certo può essere fornito dalla natura mineralogica, bisogna dunque studiarne i fossili. Se questi sono gli stessi nei due strati, o se sono quasi tutti gli stessi, è probabilissimo che i due strati non siano che uno solo, o che si siano formati ambedue nello stesso tempo e nelle stesse circostanze; ma se i fossili sono differenti, non si può dir nulla, perchè questa differenza può dipendere tanto dall'essere vissuti in epoche diverse, quanto dall'essere vissuti in diverse circostanze, per esempio in climi differenti, oppure gli uni in acqua dolce e gli altri nel mare, oppure gli uni in un mare profondo e gli altri presso le coste, ecc. Allora bisogna fare nuove ricerche, studiare gli strati che stanno sopra o sotto a quelli in ambedue i paesi ed anche in altri paesi vicini o distanti, finchè si possa giungere a qualche risultato soddisfacente.

Quanto possano indurre in errore tutti e tre questi criterii, qualora non vengano bene adoperati, lo provano molte antiche quistioni ora sciolte con migliori osservazioni, e molte altre ancora in via di

trattazione. Così per esempio, una volta si tenevano per coetanei e di un'epoca anteriore ai più antichi sedimenti fossiliferi tutti i gneiss, micascisti e calcari saccaroidi, perchè tutti cristallini e senza fossili; e più tardi fu provato che si formarono gneiss, micascisti e marmi saccaroidi in quasi tutte le epoche geologiche, e che in generale non contengono fossili perchè questi furono distrutti dalle azioni che trasformarono in tali rocce le argille e i calcari compatti preesistenti. Era un errore venuto dalla soverchia fede nel criterio mineralogico. Errori analoghi nacquero dall'abuso o dal cattivo uso degli altri due criterii, e ne vedremo più avanti numerosi esempii.

**29. Terreni e piani.** — Valendosi dei tre criterii accennati e studiando isolatamente gli strati costituenti in ispecial modo l'Inghilterra, la Francia e la Germania, confrontando poi queste tre serie di strati fra loro e con quelle esistenti in Italia e in altri paesi, i geologi sono giunti a distinguere un certo numero di gruppi, che chiamarono *terreni* e *piani* (*étages*), caratterizzati e più o meno distinti l'uno dall'altro mediante i criterii stratigrafici e paleontologici.

Cominciarono i naturalisti italiani a darne l'esempio, ma i loro scritti e lavori rimasero poco conosciuti o dimenticati (come dirò più tardi, se mi avanzerà tempo e spazio), e verso la metà dello scorso secolo un minatore tedesco, Lehmann, divise le rocce in tre classi, *rocce primitive,* le più antiche (le nostre rocce plutoniche e metamorfiche), *rocce secondarie* (sedimentarie con fossili differenti dagli animali non viventi), e *depositi più moderni*, *prodotti dal diluvio di Noè.*

Circa un secolo più tardi un altro tedesco e celeberrimo direttore di miniere e mineralogista, Werner, distinse le *roccie di transizione* (1) (le nostre rocce metamorfiche) fra le roccie *primitive* (le nostre roccie plutoniche) di Lehmann e le *secondarie* (2) dello stesso autore.

Dopo di lui si continuò per molti anni a distinguere soltanto quattro classi di rocce in ordine cronologico, cioè le *primitive*, quelle di *transizione*, le *secondarie* e le *alluviali,* consistenti nelle moderne alluvioni. Quanto alle rocce vulcaniche antiche, benchè già riconosciute d'origine ignea dagli italiani Arduino e Fortis e dai francesi Faujas e Desmarest, il tedesco Werner e la sua scuola le unirono alle rocce secondarie, credendole ancora formate dall'acqua come le rocce sedimentarie.

(1) *Uebergangs-formationen* in tedesco.

(2) Chiamate *Flötz-Gebirge* da Werner, da *Flötz*, palco orizzontale, e *Gebirge*, rocce, a motivo della loro orizzontalità nel paese studiato da Werner.

Ma intanto gli inglesi Hutton e Playfair dimostrarono quello che già era stato provato da Lazzaro Moro e da altri Italiani, vale a dire che molte rocce devono aver avuto un' origine ignea, e molte altre devono esser state alterate dopo la loro formazione, per opera specialmente delle rocce ignee emerse e del calore centrale; e così si venne a poco a poco a distinguere anche le *rocce metamorfiche*, e tutte le rocce vennero divise in tre classi: *rocce ignee* (graniti ed altre rocce plutoniche, e tutte le rocce vulcaniche), *rocce sedimentarie e rocce metamorfiche*; e da tutti si ammise che in tutte le epoche geologiche si formarono rocce di tutte tre queste classi. Più recentemente ancora, fondandosi su particolari e nuove ricerche sul modo di formazione dei graniti e delle rocce affini, si distinsero le quattro classi nel modo da me adottato, cioè:

1° le *rocce plutoniche*,
2° le *sedimentarie*,
3° le *vulcaniche* e
4° le *metamorfiche*.

Le rocce sedimentarie furono divise in:

*Primarie* (le più antiche, e da non confondersi colle primarie non sedimentarie, e perciò chiamate da alcuni *rocce primarie fossilifere*),

*Secondarie*, formate nell' epoca seconda,

*Terziarie* o dell' epoca terza, e

*Quaternarie* o *moderne* o *alluvionali e diluviali*, dell' epoca quarta ed attuale, dopo la comparsa dell' uomo sulla terra.

A queste denominazioni altre ne furono sostituite dai celebri geologi inglesi Phillips e Lyell, cioè si chiamarono *cenozoiche* le più recenti, *mesozoiche* quelle di mezzo, *paleozoiche* le fossilifere più antiche, ed *azoiche* ed *ipozoiche* quelle sottoposte alle sedimentarie, componendo queste nuove parole con vocaboli greci i quali significano *animali recenti, animali di mezzo, animali antichi, senza vita, sotto la vita* (1).

Le rocce sedimentarie paleozoiche furono divise in cinque gruppi o *terreni* che furono chiamati: *cambrico, silurico, devonico, carbonifero* e *permiano;* le secondarie in tre, *triasico, giurese* e *cretaceo*; le terziarie in tre, *terziario inferiore* od *eocenico*, *terziario medio* o *miocenico*, e *terziario superiore* o *pliocenico;* le quaternarie in due, *pliostocenico* e *contemporaneo*.

Il signor D'Orbigny suddivise ancora più minutamente tutte le

(1) *Cainos*, recente; *zoon*, animale; *mesos*, di mezzo; *palaios*, antico; *a*, senza; *ypo*, sotto.

rocce sedimentarie, facendone ventotto gruppi, che chiamò *piani* (*étages*), e i quali corrispondono agli accennati terreni ammessi dagli altri geologi nel modo indicato dalla seguente tabella.

| EPOCHE | TERRENI | PIANI SECONDO D'ORBIGNY |
|---|---|---|
| **Paleozoica.** | Silurico e cambrico . . . . . . . | 1 *Siluriano.* |
| | Devonico. . . . . . . . . . . . | 2 *Devoniano.* |
| | Carbonifero . . . . . . . . . . | 3 *Carbonifero.* |
| | Permiano, o peneano . . . . . . | 4 *Permiano.* |
| **Secondaria.** | Triassico . . . . . . . . . . | 5 *Conchigliare.* 6 *Salifero.* |
| | Giurese liassico . . . . . . . . | 7 *Sinemuriano.* 8 *Liassico.* 9 *Toarciano.* |
| | » oolitico . . . . . . . | 10 *Bajociano.* 11 *Batoniano.* 12 *Calloviano.* 13 *Oxfordiano.* 14 *Coralliano.* 15 *Kimmeridgiano.* 16 *Porlandiano.* |
| | Cretaceo neocomiano . . . . . | 17 *Neocomiano.* 18 *Aptiano.* 19 *Albiano.* |
| | » inferiore o del *gault* . . | 20 *Cenomaniano.* 21 *Turoniano.* |
| | » superiore, o della creta bianca . . . . . . . | 22 *Senoniano.* 23 *Daniano.* |
| **Terziaria.** | Terziario inferiore, od eocenico . . | 24 *Suessoniano.* 25 *Parigino.* |
| | » medio, o miocenico. . . . | 26 *Faluniano.* |
| | » superiore, o pliocenico. . . | 27 *Subapennino.* |
| **Quaternaria.** | Di trasporto, o diluviale, o pliostocenico. Attuale, o contemporaneo . . . | 28 *Contemporaneo.* |

Fin qui delle sole rocce sedimentarie: vediamo come si possa determinare almeno approssimativamente l'età relativa delle rocce delle altre tre classi.

**30. Età relativa delle rocce vulcaniche.** — Tutte le rocce vulcaniche antiche e le rocce dette *trappiche* (basalti e rocce affini) dal vocabolo svedese *trappa,* che significa *gradino, scalino*, perchè spesso formano delle montagne, delle terrazze e delle scogliere, che somigliano sino a un certo punto a giganteschi scalini, sono distese sopra le rocce sedimentarie o fra i loro strati, oppure le attraversano in filoni e vene, come fanno le lave dei vulcani attuali. Come si potrà dunque determinare l'età relativa?

Per tutte queste rocce, servono a deteminarne più o men bene l'età relativa: 1.° La sovrapposizione e l'intrusione, con o senza

alterazione delle rocce in contatto; 2.° Gli avanzi organici ossia i fossili; 3.° La natura mineralogica; 4.° I frammenti di rocce più antiche racchiusi in quelle da studiarsi.

Quando una roccia vulcanica si stende sopra una roccia sedimentaria, è generalmente da credersi che ne sia più moderna, anche nel caso che sia pervenuta a quel posto per di sotto, attraversando tutti gli strati (fig. 41, 42 e 44), oppure attraversando soltanto un certo numero di strati, e poi distendendosi orizzontalmente fra quegli strati attraver-

Fig. 41. — *Banco di lava.*

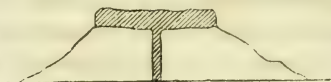



Fig. 42. — *Filone che termina in ispianata.*

Fig. 43. — *Injezione di trappo nelle roccie di sedimento dell' isola di Sky.*

Fig. 44. — *Banchi di lava sovrapposti.*

sati e quelli che vi stavano sopra (fig. 43). Per lo studio di questo criterio bisogna conoscer dapprima bene come si comportano le lave nel distendersi in correnti sul fondo del mare, quando sono eruttate da vulcani sottomarini o vicini alle coste.

Quando un filone attraversa un certo numero di strati e cessa tutt' ad un tratto alla superficie del suolo od all' incontro di strati d' altr' epoca, la sua età relativa dev' esser fra quella degli strati attraversati e l'epoca attuale, oppure fra quella degli strati attraversati e quella degli strati sovrastanti. Questa determinazione è tanto più precisa quanto meno distanti in ordine di tempo sono i due termini di confronto, ma può rimanere in molti casi assai incerta.

I tufi vulcanici che sono vere rocce sedimentarie formate con materiali d'origine vulcanica, possono contenere fossili, e questi servono allora a determinare la loro età relativa, nello stesso modo con cui servono per le altre rocce sedimentarie.

L' eguaglianza o l' analogia di composizione può servire spesso a far trovare se due o più lembi di roccia vulcanica sono della stessa

epoca e della stessa origine. Ma in molte occasioni si osserva che in una sola eruzione e da una stessa bocca vulcanica possono avere origine lave dapprima in apparenza eguali, ma che poi riescono diversissime nei loro caratteri mineralogici, a seconda delle circostanze in cui si sono raffreddate. Quanto al tempo, si è bensì trovato che in Italia, per esempio, le rocce vulcaniche antiche sono trachitiche e le moderne basaltiche, ma questa legge non vale per tutti i paesi e nemmeno per tutte le parti della sola Italia, per cui anche questo criterio non può servire molto per la determinazione dell'età relativa delle rocce vulcaniche.

I pezzi di rocce presistenti, racchiusi nelle rocce vulcaniche, siano queste lave, trappi, basalti od anche tufi, possono fino a un certo punto servire allo scopo in discorso, dimostrando all' evidenza che quelle rocce vulcaniche sono più moderne o meno antiche di quelle da cui provengono quei pezzi. Ma anche questo criterio non può sempre condurre a risultati così precisi come si desidera.

Vedremo tuttavia più avanti, nella descrizione dei singoli terreni, come si tragga partito di tutti questi criterii, e come si possa giungere a conclusioni abbastanza soddisfacenti.

**31. Età relativa delle rocce plutoniche.** — Per le rocce plutoniche servono appres'a poco gli stessi criterii che per le rocce vulcaniche. Le rocce granitiche sottoposte alle rocce sedimentarie di età ben determinata ne possono essere più antiche; ma, se attraverso a queste rocce sedimentarie esse mandano filoni e vene, che le hanno più o meno alterate presso le superficie di contatto, ne sono più recenti. Studiando così la posizione relativa e l'intrusione delle rocce plutoniche, si è trovato che in certi paesi hanno caratteri mineralogici differenti quelle di diversa età. In Toscana, per esempio, si distinguono varie specie di graniti, le une con tormaline, le altre senza, e sempre le une appartengono ad una data epoca e le altre ad un' altra.

Merita poi considerazione il modo con cui devono essersi solidificate e solidificarsi tuttora le rocce plutoniche. Quelle che son divenute solide per le prime devono aver formata la prima crosta, quelle che si son solidificate subito dopo le prime devono aver ingrossata la crosta addossandosi alla sua superficie inferiore, e così di tutte le altre. Per tal modo, supponendo che in qualche luogo si vedano più strati di rocce plutoniche l'uno all'altro sottoposto, quelli più profondi saranno da ritenersi per i più moderni. Precisamente il contrario delle rocce sedimentarie: queste andarono *sovrapponendosi* l'una all'altra, e la loro serie cronologica va *dal basso all'alto*; le

plutoniche ingrossarono invece la crosta *dall' alto al basso*, così che le più antiche sono quelle immediatamente sottoposte alle più antiche rocce sedimentarie.

**32. Età relativa delle rocce metamorfiche.** — Di rocce metamorfiche ve n' ha di tutte le età, di modernissime come di antichissime. In esse è da cercarsi l'epoca in cui si sono formate, valendosi dei criterii già indicati per le altre tre classi di rocce; ed è anche da indagarsi l' epoca in cui vennero alterate, ossia metamorfosate, e da quali cause venne tal mutamento. Questa seconda specie di ricerche è la più difficile, ma tuttavia vi si riesce studiando bene l'età relativa delle rocce circostanti e di quelle in immediato contatto. È così per esempio, che si è trovato non essere già antichissime, come dapprima si credeva, molte rocce metamorfiche delle Alpi Apuane e dei monti Pisani, ma spettare all' epoca giurese ed all'epoca cretacea, ed essere state metamorfosate in epoche forse ancora più recenti.

**33. Età relativa delle montagne e sistemi montuosi.** — Tutte le montagne si sono formate per effetto di una o più dislocazioni degli strati che le compongono; se dunque potremo conoscere l'epoca relativa di queste dislocazioni, verremo a sapere anche l'*età relativa* delle montagne stesse, ossia l'epoca geologica in cui si sono formate.

Già nel trattatello precedente (pag. 199) fu brevemente accennato il modo di determinare quest'età relativa, sì delle dislocazioni, come delle montagne che ne sono il risultato. Vi si è veduto che, quando si trovano due gruppi di strati, l'uno inclinato e l'altro orizzontale e sovrapposto al primo od anche semplicemente ad esso appoggiato, la dislocazione dev'esser avvenuta *dopo* la formazione d'esso primo gruppo e *prima* della produzione del secondo. Così, per esempio, se attorno ad una montagna e sopra i suoi fianchi si trovano

Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47. Fig. 48.

orizzontali gli strati *a*, *b*, *c*, costituenti la pianura (fig. 45), essa montagna dev'essersi sollevata prima della formazione del più anti-

co di questi strati ossia dello strato *a*. Se v'ha un'altra montagna in cui lo strato *a* è dislocato ma lo strato *b* è ancora orizzontale, si deve esser prodotta dopo la formazione dello strato *a* e prima della formazione dello strato *b* (fig. 46). Una terza montagna un po' più recente presenterà dislocato anche lo strato *b*, e orizzontale il solo strato *c* (fig. 47), ed una quarta, ancora più recente, mostrerà dislocati tutti gli strati *a*, *b*, *c*, e sulle sue falde potrà trovarsi orizzontale un altro strato (*d*) più recente della stessa montagna (fig. 48). E così via.

A questo modo si può trovare con maggiore o minore certezza la età relativa di ciascuna catena di montagne e di ogni sua parte.

**34. Sistemi di montagne.** — Studiando tutte le catene montuose, la loro età relativa e la loro disposizione, Elia di Beaumont è giunto al singolarissimo risultato, che *le catene montuose formate nella stessa epoca sono tutte fra loro parallele, e quelle formate in epoche diverse hanno diverse direzioni.* Egli giunse così a distinguere dapprima tredici, poi venti e più *sistemi di montagne,* ossia venti e più gruppi di catene montuose o di tronchi di catene muntuose, sorti in altrettante epoche diverse ed aventi altrettante direzioni ben determinate.

Siffatto studio fu tutt'altro che facile. Quando si tratta di paragonare fra loro le catene montuose contenute in un paese di poca estensione, per esempio nell'Europa centrale, in Francia o in Italia, la cosa è facile, perchè si paragonano fra loro le direzioni delle catene montuose come si fa con quelle di più linee rette segnate sopra un piano. Si trova, per esempio, che nell'Apennino si possono distinguere tre direzioni, l'una all'ovest di Genova, l'altra dal meridiano di questa città fino alle sorgenti del Tevere, e la terza in varie parti della Toscana, nella valle del Tevere, e che le parti aventi una di queste direzioni sono o più antiche più moderne di quelle aventi una qualunque delle altre due direzioni. Egualmente si trovano tre diverse direzioni nella catena delle Alpi, l'una dal Mediterraneo al Monte Bianco, l'altra dalla Savoia al Tirolo, la terza intorno al Monte Viso, e a ciascuna di queste tre direzioni corrisponde un'età relativa particolare. Confrontando poi queste direzioni con quelle di altre catene, si trova che i Pirenei hanno in generale la stessa direzione e la stessa età relativa dell'Apennino fra Genova e le sorgenti del Tevere, che alcune piccole parti degli stessi Pirenei hanno la stessa direzione e l'istessa età relativa delle Alpi dalla Savoia al Tirolo. E così di tutte le altre catene del centro dell'Europa.

Ma quando si tratta di paragonare fra loro catene montuose esi-

stenti in paesi molto distanti, non essendo la superficie terrestre piana ma sferica, bisogna ricorrere ai metodi insegnati dalla geometria per ciò che risguarda lo studio della sfera e delle linee sovr'essa segnate. Allora, quella linea che rappresenta la direzione generale di una catena montuosa viene considerata come un arco di cerchio massimo; e due catene montuose si ritengono parallele quando i corrispondenti archi di cerchio sono ambedue perpendicolari ad un terzo cerchio massimo, il quale passi per i loro punti di mezzo. Non credo opportuno aggiungere altri particolari intorno a questo modo tutto geometrico di studiare il parallelismo delle catene montuose; ne darò soltanto il risultato nella seguente tabella, in cui sono disposti in ordine d'età i ventun sistemi montuosi finora ben accertati, secondo l'opera dello stesso Elia di Beaumont, intitolata: *Notice sur les systèmes de montagnes* (Parigi, 1852). — Le direzioni qui indicate non sono quelle che realmente ha ciascun sistema nel paese ove si è meglio studiato, ma sono modificate leggermente, per poterle meglio confrontare fra loro, e come sarebbero, se tutti i circoli massimi rappresentanti i sistemi passassero per un certo luogo sul Reno, chiamato Binger-Loch, fra Magonza e Coblenza.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Vandea . . . . . | N. | 14° | 32' | O. | fra i terreni azoici e i cambrici. |
| 2. | Finistere . . . . | E. | 12 | 21 | N. | durante l'epoca cambrica. |
| 3. | Longmynd . . . | N. | 31 | 15 | E. | |
| 4. | Morbihan . . . . | N. | 43 | 58 | O. | fra il terreno cambrico e silurico. |
| 5. | Hundsrück . . . | E. | 31 | 30 | N. | — — silurico e il devonico. |
| 6. | Harz (Ballons) . . | O. | 16 | 35 | N. | — — devonico e il carbonifero. |
| 7. | Forez . . . . . | N. | 11 | 50 | O. | — — carbonifero infer. e il superiore. |
| 8. | Nord d'Inghilterra . | N. | 2 | 30 | E | — — carbonifero e il permiano. |
| 9. | Paesi Bassi (Hainaut) | E. | 2 | 0 | N. | — — permiano e e il triasico. |
| 10. | Reno . . . . . | N. | 21 | 4 | E. | — — triasico inferiore e il superiore. |
| 11. | Thüringenwald . . | O. | 36 | 47 | N. | — — triasico e il giurese. |
| 12. | Costa d'Oro . . . | E. | 57 | 55 | N. | — — giurese e il cretaceo. |
| 13. | Vercors. . . . . | N | 9 | 48 | E. | d'epoca incerta. |
| 14. | Monte Visio . . . | N. | 21 | 51 | O. | fra il terreno cretaceo infer. e il sup. |
| 15. | Pirenei . . . . . | O. | 23 | 3 | N. | — — cretaceo superiore e l'eocenico. |
| 16. | Corsica . . . . . | N. | 1 | 11 | O. | — — eocenico e il miocenico inferiore. |
| 17. | Tatra . . . . . | E. | 4 | 32 | N. | — — miocenico inferiore e il superiore. |
| 18. | Sancerrois . . . | E. | 22 | 18 | N. | |
| 19. | Alpi occidentali . . | N. | 28 | 19 | E. | — — miocenico e il pliocenico. |
| 20. | Alpi principali . . | E. | 15 | 6 | N. | — — pliocenico e il quaternario. |
| 21. | Tenaro . . . . . | N. | 15 | 46 | O. | — — quaternario e l'epoca attuale. |

Nelle opere elementari più comuni non si parla di tutti questi sistemi, ma solo di quelli generalmente ammessi all'epoca della loro compilazione. Oggidì se ne son trovati altri ancora, specialmente in Algeria e in America, ma, non essendo per anco ben certa la loro distinzione da quelli accennati nella tabella, non credo opportuno di farne per ora menzione.

La figura 49 mostra più chiaramente che la tabella ha la direzione dei principali sistemi montuosi.

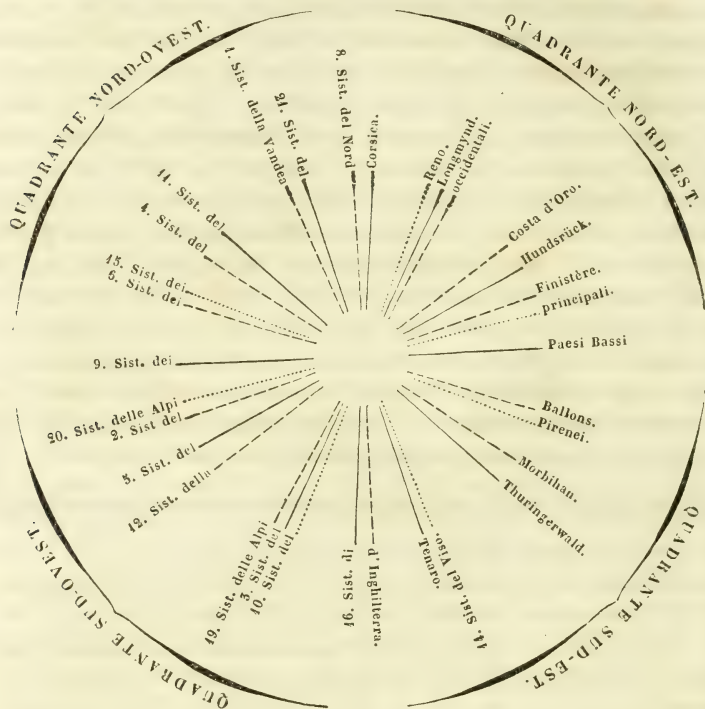



Fig. 49. — *Direzione dei principali sollevamenti.*

La figura 50 fa vedere quali siano i sistemi più influenti sulla disposizione delle catene montuose nella parte d' Europa meglio conosciuta sotto questo riguardo.

Dirò ora brevemente di ciascun sistema montuoso, riserbandomi di riparlarne con maggiori particolari mano mano che progrediremo nella storia dei cangiamenti a cui andò successivamente soggetta la superficie terrestre.

In questa esposizione dei singoli sistemi seguirò completamente le idee del signor di Beaumont sulla istantaneità delle dislocazioni

e sui cataclismi da esse prodotti; più avanti mostrerò come queste idee non siano ora più generalmente ammesse, perchè inesatte.

Fig. 50. — *Orientazione dei principali sollevamenti in Francia e nei paesi vicini.*

1. —oo— Sistema della Vandea.
2. ——— Sistema del Finistere.
3. —·—·— Sistema del Longmynd.
4. oo—oo Sistema del Morbihan.
5. Sistema dell'Hundsrück.
6. Sistema dei Ballons.
7. Sistema del nord d'Inghil·
8. Sistema dell'Hainaut.
9. Sistema del Reno.
10. Sistema del Türingerwald.
11. Sistema della Costa d'Oro.
12. ——— Sistema del monte Viso.
13. Sistema dei Pirenei.
14. ++++++ Sistema della Corsica.
15. Sistema delle Alpi occidentali.
16. Sistema delle alpi principali.
17. Sistema del Tenaro.

**35. Sistema della Vandea.** — Il suolo della Vandea e della Bretagna in Francia presenta parecchi sistemi di montagne, spesso assai intralciati. Uno di essi è diretto all'incirca verso NNO, e, trovandosi in esso sollevati o dislocati soltanto gli strati azoici, sembra il più antico dei sistemi di montagne dell' Europa. Dell' istess' epoca sembra essere anche il sistema, che nell'America meridionale si scorge in rialzi diretti ad E 38° N sopra un' estensione di circa 300 leghe, e fu chiamato da taluno *sistema brasiliano*.

**36. Sistema di Finistère.** — Il sistema della Vandea non ebbe alcuna influenza sui terreni sedimentarii, anche i più antichi; le diverse formazioni del terreno cambrico sono andate soggette a perturbazioni distinte, posteriori a quel sistema. La più antica tra queste

si manifesta nei rialzi diretti ad E 21° 45 N, nei micascisti e gneiss intorno a Brest nella Bretagna, e in molti luoghi di Normandia, nei tronchi montuosi diretti a E 4° a 9° N nella Svezia, nel mezzo giorno della Finlandia, in quelli diretti ad E 11° a 13° O nei monti della Provenza e di Aiaccio in Corsica, e finalmente in altri tronchi di catene montuose della Spagna, dell'Algeria, ecc. La direzione media di questo sistema, riferita ad un circolo massimo passante per Brest, è di E 21° 45' N.

Il nome di questo sistema venne da quello del dipartimento della Francia in cui trovasi Brest.

**37. Sistema di Longmynd.** — Le colline di Longmynd in Inghilterra presentano gli strati diretti verso N 25' E, e formano il tipo del terzo sistema di montagne. Esso si trova anche nella direzione di molte masse eruttive di graniti e sieniti della Bretagna (N 21° E), in quella de' gneiss macliferi di Saint-James nella Normandia (N 22° 30' E), nei graniti del Limosino in masse dirette a N 26° E, in varie dislocazioni dell' Erzgebirge in Sassonia intorno a Freyberg (N 33° 57' E), in altre della Moravia e della Boemia intorno a Zlabings, nell' interno della Svezia da Gotheborg a Gefle (N 38° E), nel nord-ovest e nel sud-est della Finlandia (N 42° 1/2 E e N 50° E), e nelle montagne fra Tolone e Antibo in Provenza (N 35° 45' G E). Cercata la media fra queste direzioni, e riferitala al Binger-Loch (gola per la quale passa il Reno, fra Magonza e Coblenza), Elia di Beaumont la trovò orientata a N 31° 15' E.

**38. Sistema di Morbihan.** — Le coste sud-ovest della Vandea e della Bretagna, come pure parecchii altipiani in quelle contrade, presentano una direzione media particolare, la quale, riferita a Vannes, è orientata a O 38° 15' N, e si ritrova anche in Sicilia presso Messina, nell'Erzgebirge, nell' Ucrania, ecc. Gli accidenti topografici così diretti formano un sistema distinto dai precedenti e ad essi posteriore, quantunque concorra con essi a formare gran parte delle ineguaglianze della Bretagna, della Normandia e di altri paesi.

*Morbihan* è il nome del dipartimento di Francia, di cui è capoluogo Vannes, e nel quale fu meglio osservato questo sistema.

**39. Sistema del Westmoreland e dell'Hundsrück.** — Tutti i sistemi precedenti non si riferiscono che a strati sollevati d' epoca anteriore alla silurica; questo invece corrisponde a montagne nelle quali fu sollevato anche il terreno silurico. Nella contea di Westmoreland in Inghilterra (di cui è capoluogo Appleby) gli strati silurici sono diretti a NE, un po' verso E, e paralleli a molte catene montuose del mezzodì della Scozia, delle isole di Man e di Anglesea,

del paese di Galles e della Cornovaglia. La stessa direzione si incontra nelle montagne dell' Eifel, dell' Hundsrück e del ducato di Nassau in Germania, e in molte altre della Corsica, delle coste della Provenza, del centro della Francia, della Boemia, della Sardegna, della Linguadoca presso Carcassona, della Scandinavia, della Finlandia, della Lapponia, ecc. Tutte queste montagne furono perciò considerate come formanti un sistema distinto, la cui orientazione, riferita al meridiano della gola del Binger-Loch, è ad E 31° 30' N. — Di quest' epoca sembra anche un sistema di montagne dirette da est ad ovest nel Brasile e detto *sistema itacolumiano*.

Confondendo insieme le direzioni del sistema di *Finistère* con quelle del sistema di cui ora parliamo, i geologi ammisero che questo sistema fosse diretto ad E 35° N; ma, trasportando al Binger-Loch la direzione del sistema di Finistère riferita a Brest, essa trovasi differire di circa 20° da quella del sistema dell'Hundsrück, e di circa 47° da quella del sistema di Longmynd; e perciò questi tre sistemi sono perfettamente distinti avuto riguardo alle loro direzioni.

**40. Sistema dell' Harz** (Chiamato *Système des Ballons* dai Francesi). — Questo sistema corrisponde all' intervallo fra il terreno devonico e il terreno carbonifero. I monti Vogesi, che fiancheggiano il Reno, hanno in generale la forma d' un T capovolto (⊥), giacchè la catena principale, parallela al Reno, è pressochè perpendicolare ad un ammasso di montagne che la termina verso il sud, dirigendosi press' a poco verso O 15° N. La parte meridionale della Selva Nera comprende molti tronchi aventi la stessa orientazione; ed altri se ne trovano nella Bretagna, nella Normandia (Bocage nel dipartimento del Calvados), nel Devonshire in Inghilterra, nel mezzogiorno dell' Irlanda, nel Westmoreland, nell' Hartz, nella Polonia (Sandomirz), nella Russia (da Voroneje al Golfo di Riga, ecc.). Questo sistema si può riferire ad un circolo massimo orientato in Alsàzia a O 16° N, oppure ad un altro circolo massimo orientato pel Monte Broken, nell' Hartz, ad O 18° 45' 20'' N. Al principio dell' epoca carbonifera la superficie dell' Europa era già resa ineguale da molte catene montuose, specialmente nella sua parte settentrionale e centrale.

I Francesi chiamano *Ballons* varie cime nei monti Vogesi meridionali, a motivo della loro forma a cupola, e da questo venne anche il nome da loro dato a questo sistema.

**41. Sistema del Forez.** — Nelle montagne dell' antica contea del Forez, in Francia, fra la Loira e l'Allière, al sud di Roano, si trovano tracce d' un sistema diretto a N 15° O, nelle dislocazioni degli strati antracitiferi; altre tracce s' incontrano intorno a Limoges, in

Inghilterra, nella Scandinavia, nei monti Urali, ecc.; e tutte vengono riunite a formare il *sistema di Forez,* che sembra dividere per metà l'epoca carbonifera.

**42. Sistema del Nord d'Inghilterra.** — Tutti o quasi tutti accidenti stratigrafici del terreno carbonifero del nord d'Europa sembrano dovuti all' azione d' una perturbazione che concorse in gran parte a dare la forma attuale alle Isole Britanniche. Infatti il suolo dell' Inghilterra sembra attraversato, all' incirca da nord a sud, da un asse montuoso, formato quasi totalmente dagli strati carboniferi rialzati e sconvolti, diretti, in media, verso N 5° O. Questa direzione, trasportata in Francia, riesce parallela a molte dislocazioni dei bacini carboniferi di questo paese, come lo è a qualche catena montuosa dell' impero del Marocco, del nord della Russia, ecc., e si prese come la direzione di un sistema distinto, che si disse *del Nord d'Inghilterra*, ed al quale sembra doversi considerare contemporaneo un altro sistema, bene sviluppato nell'America meridionale e diretto a O 25° a 30° N, che si distinse col nome di *chichitiano.*

**43. Sistema dei Paesi Bassi o dell'Hainaut.** — Altre dislocazioni negli strati carboniferi e in quelli più antichi del terreno permiano avvennero secondo un sistema di direzioni diverse dal precedente. Così, conducendo pel paese di Mansfeld (distretto di Mereburg nella Prussia sassone), e più precisamente per la città di Rotherburg, un circolo massimo perpendicolare al meridiano di quella città, esso riesce press' a poco parallelo alla direzione degli strati carboniferi del Belgio presso a Mons (E 6° 6' N), a quella di molti strati paleozoici del paese di Galles (circa E 13° O' N) e di altri luoghi d'Inghilterra e d'Irlanda, della Bretagna in Francia, e degli strati carboniferi di Donetz nel mezzodì della Russia (E 21° N). A quel circolo massimo per Rotherburg sostituendone uno per Mons, diretto verso E 5° N, si ha un circolo che riesce più esattamente parallelo alle altre direzioni succitate, e quindi merita la preferenza sul primo come rappresentante del sistema di montagne dei Paesi Bassi.

**44. Sistema del Reno.** — Le montagne Vogesi, dell' Hartz, della Selva Nera e dell' Odenwald formano due gruppi in certo qual modo simmetrici, che terminano, verso la valle del Reno, in due lunghe costiere, parallele fra loro e al corso generale del fiume da Basilea sino a Magonza, e così disposte, da non sembrare improbabile che una volta quelle due catene montuose abbiano formato una sola lunga ed estesa elevazione di terreno, e che la valle del Reno si sia in appresso prodotta per lo sprofondamento d' una porzione di quell' alto piano. La direzione generale delle costiere e della vallata del Reno è verso

N 21° E, ed è parallela a varie dislocazioni dei terreni carboniferi della Francia centrale, dell' Inghilterra, fra la Norvegia settentrionale e la Svezia, ecc., e fu presa come la media e principale direzione del sistema a cui appartengono i citati tronchi montuosi, e che si chiamò *sistema del Reno.*

**45. Sistema del Thüringerwald, dei Böhmerwald-Gebirge e del Morvan.** — Gli strati giuresi, disposti orizzontalmente, ricoprono gli strati del terreno triasico rialzati nelle catene montuose di questo sistema: e siccome, là dove non avvenne alcuna dislocazione, gli ultimi strati triasici fanno un passaggio ai primi giuresi, è facile dedurre che la natura e la distribuzione dei sedimenti hanno cangiato in quell' epoca geologica, senza per altro che fosse interrotta la continuità della loro formazione, e che quindi il fenomeno che sollevò gli strati permiani fu istantaneo o almeno di assai poca durata. La catena del Thuringerwald (presso Ehrfurt) e la parte dei Böhmerwald-Gebirge compresa fra la Baviera e la Boemia contengono le tracce più chiare di questo sistema, diretto in quei monti verso O 40° N. Altre tracce, ma poche, s' incontrano fuori della Germania, cioè in Francia, nella Lorena, nei monti Vogesi, a Morvan (presso Autun in Borgogna), nella Grecia (Negroponte, Attica e Arcipelago), ecc. Di quest' epoca sembra pure una dislocazione che rialzò le Ande d'America del 5° al 20° grado di latitudine sud, diretta verso O 50° N.

**46. Sistema del Monte Pilato, della Costa d'Oro e dell' Erzgebirge.** — Durante l' epoca giurese si manifestarono parecchie oscillazioni del suolo, che smossero soltanto il fondo del mare; ma alla fine di quell' epoca avvenne una forte perturbazione che diede origine ad un nuovo sistema di montagne. L'Erzgebirge in Sassonia, la Costa d' oro, il Monte Pilato e le Cevenne in Francia fanno parte di questo sistema montuoso, diretto press' a poco verso NE (E 40° N), del quale trovansi altre tracce in molte altre parti d' Europa, ma di minore importanza.

**47. Sistema del Monte Viso e del Pindo.** — Fra il terreno neocomiano inferiore e il medio colloca il d'Orbigny un sistema montuoso (*sistema colombiano*), che è ben sviluppato nella Nuova Granata, diretto a N 33° E; e fra il terreno neocomiano medio e il superiore ne colloca un altro, che rialzò la parte meridionale delle Ande d' America, diretto a N 30° O; ma in Europa non v' hanno tracce di altri sistemi, dopo quello del Monte Pilato, sino a quello del Monte Viso, che è appunto assai sviluppato nelle Alpi presso questo monte.

Queste Alpi e l'estremità sud-ovest del Giura presentano una serie di creste e di strati diretti press'a poco verso il NNO; la piramide di rocce cristalline del Monte Viso è attraversata da enormi spostamenti aventi la stessa direzione, e in tutto questo tratto vedonsi sollevati insieme cogli strati giuresi anche quelli del terreno cretaceo inferiore, dal che si deduce che il cataclisma che sollevò questi strati e produsse quegli spostamenti dev'esser avvenuto a metà dell'epoca cretacea. Analoga direzione e analoga struttura stratigrafica hanno i monti della catena del Pindo, in Macedonia ed Albania, e vengono quindi considerati anch'essi come appartenenti al *sistema del Monte Viso.*

**48. Sistema dei Pirenei.** — La fine del terreno cretaceo sembra coincidere colla produzione di molte estese ed alte catene montuose, parallele alla direzione generale dei Pirenei. La direzione che domina nei Pirenei differisce di molto da quella delle altre montagne di Francia e di Spagna; essi constano infatti della riunione di parecchii tronchi paralleli fra loro, diretti ad O 18° N, ed aventi quindi una direzione obliqua alla linea che riunisce i due estremi della catena totale. La stessa direzione si ritrova in molte parti montuose della Provenza, poi nelle Alpi marittime al colle di Tenda, in molte parti degli Apennini, in molti tronchi delle Alpi della Svizzera e della Savoia, nelle Alpi Giulie, nelle montagne della Croazia, della Dalmazia, della Bosnia, della Grecia e fin nel Caucaso. Il sistema, che si considera formato da tutti i tronchi montuosi aventi la citata direzione, è rappresentato da un circolo massimo passante pei monti della Maledetta, nei Pirenei, e diretto a O 18° N; la qual direzione, trasportata a Corinto, diventa O 32° N, ovvero N 58° O, e riesce quasi identica a quella dei monti della Grecia compresi da alcuni geologi in un sistema speciale, detto *sistema acheo.*

Il d'Orbigny colloca fra il terreno cretaceo e l'eoceno il rialzarsi delle cordigliere del Chilì, dirette a N 5° E, sopra 50° di lunghezza, e fra l'eoceno inferiore e il superiore il sistema dei Pirenei.

**49. Sistema della Corsica e della Sardegna.** — All'intervallo fra il terreno eocenico e il miocenico corrisponde il sistema di montagne a cui appartengono le catene montuose dirette da nord a sud, che diedero la forma generale alle isole di Corsica e di Sardegna, e che s'incontrano ripetute benanco lungo il Rodano da Lione alla sua foce, in varie parti del Giura, della Savoia, delle Alpi fra il Monte Bianco e il Monte Viso, degli Apennini, della Grecia, nelle coste della Siria, nella valle del Giordano, nella catena del Libano, nella vallata del Volga, ecc.

**50. Sistema dell'isola di Wight, di Tatra e dell'Emo.** — I sedimenti miocenici inferiori furono smossi da due dislocazioni appartenenti a due sistemi diversi. Del più antico trovansi tracce nella direzione delle coste meridionali dell' Inghilterra, nell' isola di Wight, nella catena del Tatra (al sud dei Carpazii, nel nord dell' Ungheria, diretta in generale ad O 4° 50′ N), in quella del Rilo-dagh al monte Kogravo (O 7° N), ecc., nella catena dell' Emo (Balkan) in Turchia, in molti monti delle Grecia (ove furono riunite a formare un gruppo distinto, denominato *sistema argolico*), nell' isola di Candia, in certe isole della Dalmazia, nell' isola d'Elba, nelle Alpi tedesche (dal Brenner in Tirolo a Gratz), in qualche parte del Vallese e di altre vallate svizzere e tirolesi, nel limite settentrionale delle steppe dei Kirghisi, ecc. Il circolo massimo rappresentante questo sistema si fe' passare per il monte Lomnica, orientato a O 4° 50′ N.

**51. Sistema dell'Erimanto e del Sancerrois.** — Il sistema dell'Erimanto fu fondato in parte su poche dislocazioni del suolo della Grecia, la cui direzione, riferita a Corinto, è verso E 20° a 22° N, ed in parte sulla direzione E 26° N degli strati che formano il suolo dei dintorni di Sancerre (città della Francia a 10 leghe al NE di Bourges).

**52. Sistema del Vercors.** — Oltre ai due sistemi precedenti, ve n' ha un terzo, d' epoca non molto certa, ma anteriore anch' esso al grande sistema delle Alpi occidentali. Domina nel dipartimento della Drôme, di cui fa parte il tratto di paese detto anticamente *Vercors*; sembra che si riscontri anche nel Giura e in qualche altro luogo, ed è diretto press' a poco verso N 7° od 8° E.

**53. Sistema delle Alpi occidentali.** — Generalmente si vogliono considerare le Alpi come una catena unica e continua; ma invece vi si osservano tracce di quasi ogni sistema, e specialmente di quelli dei Pirenei, del Monte Viso, di Corsica, di Tatra, di Vercors e di due altri sistemi, che s' incontrano sotto un angolo di 45° o 50° e si distinguono dai precedenti sì per la loro età come per le loro direzioni; e dove s' intersecano questi due sistemi, le Alpi s' innalzano a maggiori altezze e presentano una sterminata ampiezza, formando quasi una massa piramidale centrale (Monte Bianco), circondata da un corteggio di altissimi e scoscesi monti.

Nelle Alpi occidentali la direzione media delle creste, delle valli e degli strati, è in generale verso NNE, e più esattamente verso N 26° E. Questa direzione si trova anche nei grandi laghi lombardi, nelle valli dell' Eysack e dell' Adige, nelle Alpi Apuane, nella ca-

tena montuosa che dal Capo Tre Forche s'addentra nell'impero di Marocco, nello stretto dei Dardanelli, nei monti della Crimea, in quelli dell'Asia minore e infine nell'estrema Scandinavia. Siccome la linea che unisce la piccola isola di Riou nel Mediterraneo (davanti all'angolo saliente formato dalla costa di Francia fra Marsiglia e Cassis) con un'antica eruzione vulcanica ad Hohentwiel (al nord-ovest di Costanza) attraversa le Alpi occidentali, è parallela alla loro direzione generale, e serve di limite occidentale alla regione delle emersioni serpentinose, così il circolo massimo di cui essa linea fa parte fu preso a rappresentare il sistema di cui ora si tratta. Questa linea è quasi esattamente parallela ad una che passi per Marsiglia e Zurigo.

**54. Sistema delle Alpi principali o dell' Asse vulcanico del Mediterraneo.** — Le creste principali delle Alpi dalla Savoia all'Austria, altre che si diramano da una parte fin nell'Alvergna in Francia e dall'altra fin nell'Ungheria, e molte altre ancora in Ispagna, nell'Italia meridionale (Napoletano), lungo la costa settentrionale della Sicilia, nel Monte Atlante in Africa, nei Balkan in Turchia, nel Caucaso centrale, nell'Ararat e in altri monti lì vicini, nell'Imalaia, ecc., hanno tutte una stessa direzione media (E 11° 15' N riferita a Trento, e che diviene E 14° 18' 20" N quando si trasporti al Monte Bianco, ed E 16° N quando si trasporti in Provenza), e vennero perciò comprese in un solo sistema, che si chiamò *delle Alpi principali.* Per prendere un punto più centrale fra le Alpi e l'Atlante in Africa, se ne scelse uno collocato a 12 leghe circa al nord dell'isola di Minorca; e il circolo massimo, passante per quel punto e destinato a rappresentare questo sistema, si trovò orientato a circa E 16° 25' N. Siccome però un circolo massimo passante per il picco di Teneriffa e per l'Etna sarebbe parallelo al precedente e nello stesso tempo passerebbe per le isole vulcaniche dell'arcipelago greco e per qualche regione vulcanica dell'Asia, così si potrebbe assumere questo circolo massimo a rappresentare il sistema delle Alpi principali, cangiando questo nome in quello di *Asse vulcanico del Mediterraneo.* Ma ciò non può farsi quando si considera che i vulcani del Mediterraneo non sembrano avere la stessa età delle Alpi principali, e sorsero assai probabilmente lungo le spaccature e le dislocazioni già prodotte all'epoca del sollevamento delle Alpi, approfittando della minore resistenza che deve aver avuta la corteccia terrestre in quei luoghi, in confronto degli altri ove le rocce non furono sconnesse da antichi sconvolgimenti.

**55. Sistema del Tenaro, dell' Etna e del Vesuvio.** — Molti

spostamenti e altri accidenti stratigrafici nella Laconia e nel prolungamento del Taigete sino al Capo Tenaro, punta meridionale della Morea, diretti a 4° o 5° O, sono il tipo di questo sistema, il quale del resto si ritrova anche in altri luoghi d' Europa. Così la linea che passa pel Vesuvio, per le isole Lipari e per l' Etna, attraversa questo monte secondo il suo maggior diametro, e giunge da una parte al Capo Passaro e dall' altra passa vicino alla Majella, una delle cime più elevate degli Abruzzi, rasenta la costa dell' Istria, giunge in Boemia presso Eger, ove trovasi un piccolo cono di scorie vulcaniche chiamate Kammer-Bühl, ed è parallela alla vallata del Tevere e alla zona dei lagoni di Toscana, sembra doversi riferire a questo sistema; ed il cerchio massimo di cui quella linea fa parte, che incontra anche i vulcani dell' America russa e il Capo di Buona Speranza, ed all' Etna è orientato a circa N 8° 20′ O, sembra potersi ritenere come rappresentante del sistema del Tenaro, dell' Etna e del Vesuvio. Un arco parallelo a questo passa pei vulcani estinti dell'Alvergna; un altro per la sorgente termale di Bath in Inghilterra, presso la grotta di Staffa, e per la regione vulcanica dell' Islanda. Infine i circoli massimi condotti dall' Etna a passare pel monte Sant'Elia, vulcano dell' America russa, pel vulcano di Monna-Roa (in una delle isole Sandwich), per l' isola vulcanica di Natale nel Grande Oceano, e pel Monte Erebo (vulcano scoperto da James Rose nei ghiacci del polo australe) formano un fascio assai ristretto, del quale il circolo massimo Etna-Monna-Roa occupa il mezzo: ora, siccome quest'ultimo si allontana assai poco dal circolo massimo Etna-Vesuvio, può assumersi anch' esso a rappresentare il sistema del Tenaro.

I sistemi che abbiamo finora descritti si riferiscono quasi tutti ad osservazioni fatte in Europa; nelle altre regioni del globo, che non furono per anco con sufficiente cura perlustrate, se ne troveranno certamente molti altri che concorrono a formarvi le catene montuose insieme con quelli tra i nostri sistemi che si estendono al di là dei confini d' Europa. In Algeria, per esempio, in India e in America si poterono riscontrare tracce de' sistemi dei Pirenei, delle Alpi occidentali e principali, ecc., e nello stesso tempo si scoprirono anche varii nuovi sistemi, quali sono quelli descritti dal d'Orbigny e già da noi citati. Ma fra tutti merita menzione il *sistema delle Ande,* che è rappresentato da un circolo massimo, perpendicolare tanto a quello del sistema delle Alpi principali quanto a quello del Tenaro, e che passa per le Ande del Perù a Popayan (ov' è orientato a N 38°, 13′ O) e per molti altri punti importanti, quali sono

Fig. 51. — *Orientazione delle principali catene di montagne.*

il golfo di Panama, il lago di Nicaragua, la penisola d' Yucatan, il golfo del Messico, il Nuovo Messico, l' Alta California, l' isola di Vancouver, le isole Aleuziane, il Giappone, le isole vulcaniche Liou-Tchou, lo stretto fra l' isola Formosa e quella di Luçon e il mare della China.

Le osservazioni geologiche sembrano provare che i tre sistemi *delle Alpi principali, del Tenaro* e *delle Ande* appartengono ad epoche successive differenti, essendo quello delle Alpi il più antico e quello delle Ande il più moderno. È possibile però che i vulcani più attivi dei primi due sistemi non siano sorti insieme colle catene montuose con cui sono allineati, ma posteriormente, e fors'anche tutti insieme, all' epoca dell' ultimo sollevamento delle Ande, facendosi strada per le spaccature e le dislocazioni predisposte nella corteccia terrestre dai cataclismi anteriori

**56. Rapporti fra i sistemi di montagne.** — Osservando le direzioni dei differenti sistemi e meglio esaminando le direzioni dei sistemi di montagne rappresentati da altrettante rette condotte per un sol punto sopra un foglio di carta, come si è fatto per i principali sistemi nella figura 49 (pag. 328), si vede a prima vista che quelle direzioni non sono disposte affatto irregolarmente. Alcuni sistemi sono infatti perpendicolari a due a due, e spesso si trova che un sistema è perpendicolare o quasi perpendicolare a quello che immediatamente lo ha preceduto. Sono per esempio, fra loro perpendicolari quelli della *Vandea* e del *Finistère*, quelli del *Nord d'Inghilterra* e dei *Paesi Bassi*, quelli del *Monte Viso* e delle *Alpi occidentali*, ecc,.

Altri sistemi dividono per metà l'angolo formato dai due precedenti. Così, il *Longmynd* sta fra la *Vandea* e il *Finistère*, l'*Hundsrück* fra la *Vandea* e il *Morbihan*, il *Nord d'Inghilterra* fra il *Finistère* e quello dell' *Harz.* Altri ancora dividono quegli angoli nel rapporto di uno a due, come il *Morbihan* relativamente al *Finistère* e al *Longmynd*, e quello dei *Paesi Bassi* relativamente a quelli del *Finistère* e dell' *Harz.* Altri la dividono nel rapporto di 2 a 3, ecc.

Infine si può osservare che alcuni sistemi assunsero quasi le direzioni di altri già esistenti, in modo da confondersi con essi, qualora per distinguerli non vi fosse il carattere desunto dall' età relativa. Hanno direzioni fra loro assai analoghe: il sistema della *Corsica* e quello del *Nord d'Inghilterra*, quelli del *Longmynd*, delle *Alpi occidentali* e del *Reno*, quelli dell'*Hundsrück* e della *Costa d'Oro*, quelli delle *Alpi principali* e del *Finistère*, quelli dei *Pirenei* e dell' *Harz*, quelli del *Thüringerwald* e del *Morbihan*, quelli del *Forez*, del *Tenaro*, del *Monte Viso* e della *Vandea.*

**57. Rete pentagonale di Elia di Beaumont.** — Questi ed altri simili singolari rapporti che il signor di Beaumont ha trovato fra i diversi sistemi di montagne lo condussero a lunghe e laboriose ricerche per trovare un sistema regolare di circoli massimi, i quali fossero distribuiti sul globo in modo analogo a quello dei circoli massimi rappresentanti i sistemi di montagne.

Immaginati quindici circoli massimi così disposti, che dividessero la superficie del globo in dodici pentagoni regolari, ed immaginatine altri ancora che fossero intersezioni della superficie terrestre con altrettanti piani paralleli alle facce d'un ottaedro, d'un dodecaedro romboidale e di altri solidi geometrici collocati al centro della terra, e, disposti tutti in un modo particolare, trovò che essi formavano una rete regolare sulla superficie del globo, e che molti di essi avevano fra loro le stesse relazioni che i circoli massimi dei sistemi di montagne. Questa rete, la chiamò *rete pentagonale,* e gli servì per molti studii di confronto fra i suoi circoli massimi e quelli dei sistemi di montagne, destinandola a dimostrare una regolare distribuzione degli accidenti topografici e geografici sulla superficie terrestre, e ad indagare in qualche modo l'origine delle montagne e le cause delle diverse direzioni delle loro catene.

Collocato uno dei dodici pentagoni della rete pentagonale sull'Europa, in modo che tre dei circoli massimi della rete coincidessero coi circoli massimi dei sistemi delle *Alpi principali,* del *Tenaro* e delle *Ande,* il centro dal pentagono riescì presso Erfurt, verso Remda: luogo ove la rete formata dai circoli massimi dei sistemi era più fitta. I suoi cinque angoli riescirono: presso la punta occidentale della Nuova Zembla il primo, in Persia presso Meschhed il secondo, nel Soudan in Africa presso il lago Tsad il terzo, al sud-ovest delle isole Canarie il quarto, ed allo stretto di Davis il quinto. Tra i circoli massimi che formano ed attraversano questo pentagono, e che sono disposti simmetricamente e secondo regole geometriche simili a quelle della cristallografia, se ne trovarono parecchii che non solo coincidono perfettamente in direzione coi circoli massimi dei sistemi di montagne, ma passano ben anche per luoghi singolari per la loro posizione geografica o per altre loro proprietà topografiche o geologiche.

Dieci dei circoli massimi principali della rete pentagonale e passanti per Remda, ossia pel centro del pentagono, coincidono affatto o quasi esattamente con altrettanti circoli massimi rappresentanti i sistemi di montagne. Così uno di essi, passante per l'Etna, può rappresentare il *sistema del Tenaro;* un altro, che rasenta le coste orientali del Mar Rosso, può rappresentare il *sistema del Thüringenwald;*

il terzo, che attraversa la Nuova Zembla secondo il suo asse maggiore, il *sistema del Reno;* il quarto, che rasenta le coste degli Stati Uniti d'America, il *sistema dell' Harz;* il quinto, che passa per le Azzorre e per la Guiana (ove trovansi rocce cristalline analoghe a quelle della Bretagna), il *sistema di Finistère;* il sesto, che va a rasentare le regioni carbonifere dei Paesi Bassi e di Donetz in Russia, e una catena di scogli che si stende nell'Atlantico sino alle Azzorre, il *sistema dei Paesi Bassi;* il settimo, che sembra l'asse mediano dell'Europa, che partendo dall'Asia si avanza fra il Mediterraneo e il Grande Oceano e passa per le Canarie, il *sistema della Costa d'Oro;* l'ottavo, che passa per l'isola Maiorca e giunge in Africa alle montagne fra il Senegal e il Niger, il *sistema delle Alpi occidentali;* il nono, che attraversa la zona metallifera toscana e segue le coste orientali della Barberia, è parallelo al circolo massimo del *sistema della Corsica;* e finalmente il decimo, che è pochissimo inclinato sul precedente e passa per lo Spitzberg (composto di rocce analoghe a quelle dell'Inghilterra), rappresenta il *sistema del Nord d'Inghilterra.* Altri quattro circoli principali della rete passano per Remda e, quantunque non rappresentino alcun sistema, sono egualmente interessanti perchè passano per luoghi importanti per la loro posizione geografica od altre particolarità: così l'uno si dirige lungo la Mesopotamia e il Golfo Persico, un altro segue la costa d'Africa sino allo sbocco della Gambia, ecc.

Per gli altri sistemi di montagne bisognò scegliere fra i circoli della stessa rete che non passano per il centro del pentagono. Fra questi, il *sistema del Monte Viso* ebbe a rappresentante un circolo della rete che passa per la Sardegna, il Monte Viso, il lago di Ginevra, va lungo le coste dell'Inghilterra e attraversa l'Islanda e la Groenlandia. Il *sistema dei Pirenei* è rappresentato da un circolo della rete, passante per l'Etna, e che scorre parallelo ai Pirenei, interseca nell'Atlantico nella regione degli scogli il circolo del sistema dei Paesi Bassi, e si dirige dall'altra parte al Monte Sinai parallelamente alla Mesopotamia. Finalmente, il circolo massimo del *sistema delle Alpi principali* o *dell'Asse vulcanico del Mediterraneo* coincide con un circolo della rete passante per il picco di Teneriffa, l'Etna, l'Arcipelago greco, l'Ararat, ecc., e serve mirabilmente a rappresentare la zona vulcanica del Mediterraneo.

I circoli della rete pentagonale infine hanno, come s'è già detto, anche la particolarità che molte tra le montagne più alte, le isole, gli arcipelaghi, gli stretti, gli altipiani ed altri luoghi singolari sotto qualche aspetto stratigrafico o topografico, si trovano al punto d'incontro di quei circoli.

Checchè ne sia delle relazioni fra i circoli massimi dei sistemi di montagne e quelli della rete pentagonale, e delle considerazioni per le quali la simmetria pentagonale sul globo può paragonarsi alla simmetria esagonale colla quale si fendono in prismi i basalti e le lave col lento raffreddamento, egli è certo che i sistemi di montagne sono disposti con ordine alla superficie della terra. Abbiamo già veduto infatti che si possono in generale raggruppare intorno a poche direzioni principali, rappresentate da appositi circoli massimi; ora possiamo aggiungere che le varie linee montuose appartenenti a ciascun sistema si trovano per lo più radunate entro una zona, che i geometri chiamano *fuso sferico*, compresa fra due circoli massimi disposti simmetricamente ai lati del circolo massimo rappresentante il sistema. Così, per esempio, le catene montuose del *sistema delle Alpi principali,* sparse nell' Europa media e meridionale, nell' Africa settentrionale e nel centro dell' Asia, sono comprese in una zona larga venti o al più quaranta gradi ed estesa in lunghezza dall' Oceano Atlantico sino all'Oceano Pacifico. Questa distribuzione dei tronchi montuosi in zone lunghe e strette, racchiuse fra due circoli massimi che si incontrano alle due estremità d'uno stesso diametro del globo, è di molta importanza per le ricerche teoriche sulla origine delle montagne; giacchè, sia che si ammetta l'espansione o l' aumento in volume del liquido interno terrestre, come causa principale della formazione di quelle ripiegature e rotture della crosta solida, da cui hanno origine le montagne, sia che si ammetta esserne invece causa principale la contrazione dello stesso liquido interno in conseguenza del suo raffreddamento, sì nell' una come nell' altra ipotesi si trova colle leggi della meccanica che le ripiegature, le rughe e le rotture prodotte in uno stesso momento o in una stessa epoca non possono essere disposte irregolarmente per la superficie terrestre, ma devono manifestarsi tutte in una zona ristretta, anzi in un vero fuso sferico compreso fra due circoli massimi, e tutte fra loro parallele al modo spiegato più sopra.

**58. Antichi mari e antichi continenti**. — Ho parlato più volte di successive variazioni avvenute nella disposizione dei mari e dei continenti alla superficie della terra: mi si può ora domandare come si possano determinare i limiti e l' estensione sì dei mari come dei continenti nelle varie epoche geologiche. La risposta è breve. Siccome i terreni sedimentarii si formano nell'acqua, e i fossili in essi contenuti possono indicare se le acque erano dolci o salse, basse o profonde, presso le rive o in alto mare, così l' estensione d' un terreno e i fossili in esso contenuti possono servire a indicare l' esten-

sione e la natura delle acque in cui esso terreno si è formato. Così, per esempio, tutti i paesi nei quali si trova il terreno cretaceo devono essere stati sott' acqua durante l' epoca di formazione d' esso terreno, che chiameremo *epoca cretacea;* i limiti del terreno cretaceo stesso indicano quelli dell' acqua in quell' epoca, a meno che da potenti abrasioni e denudazioni siano stati distrutti gli strati cretacei al di fuori di quei limiti; i molluschi d' acqua dolce misti a quelli d' acqua salsa mostrano i luoghi dove sboccavano in mare i fiumi; i molluschi d' acqua dolce senza alcuna mistura di marini indicano i depositi lacustri, e così via. La presenza d' un terreno in un paese è dunque una prova dell' esistenza di un mare o di un lago in quel luogo durante l' epoca in cui esso terreno si è formato; dove lo stesso terreno manca, ivi la terra era assai probabilmente asciutta e formava un' isola o un continente, a meno che anche là si sia formato esso terreno e sia stato poi interamente distrutto dall' azione corrodente del mare. È quindi più facile conoscere i luoghi occupati dalle acque nelle varie epoche, che il determinare esattamente l' esistenza e i limiti dei continenti; ma pure, col mezzo di studii più accurati e più completi si può giungere a risultati soddisfacenti.

E qui è necessario intenderci intorno ad un modo di dire. Chiameremo d' ora in avanti *mari cretacei* quelli che esistevano nell' epoca cretacea e in cui si sono quindi formati i terreni cretacei; *mari giuresi* quelli esistenti nell' epoca giurese, e così di tutti gli altri.

**59. Quali sono le più antiche rocce conosciute.** — Dietro quanto ho detto finora intorno al modo di determinare l' età relativa delle rocce sedimentarie, plutoniche, vulcaniche e metamorfiche, se queste rocce si trovassero sempre così disposte da potersi credere ancora nella loro posizione relativa originaria, sarebbe sempre più o meno facile determinare quali di esse sono in ciascun paese le più antiche o le più moderne; ma la cosa è ben altrimenti. Le rocce stratificate (sedimentarie e metamorfiche) sono quasi sempre dislocate, rotte e perfino capovolte, o affatto distrutte per opera della denudazione; quanto alle rocce plutoniche, non si può sempre decidere se in quel luogo ove ora si trovano sono venute allo stato pastoso e durante la loro formazione, oppure se vi sono venute allo stato solido, per effetto di reciproci spostamenti dopo la loro formazione, e in un modo analogo a quello per cui cambiano di posto i mattoni e i pezzi di granito d' un edifizio che vien distrutto da un terremoto.

Se tutte le rocce fossero ancora al loro posto primitivo e originario, le più antiche rocce fossilifere sarebbero le più profonde e im-

mediatamente sovrapposte alle rocce plutoniche, e queste rocce plutoniche immediatamente sottoposte alle più antiche rocce fossilifere si potrebbero ritenere come le più antiche rocce non sedimentarie. I gneiss, i micascisti e alcuni graniti che nelle montagne si vedono portare le più antiche rocce fossilifere sarebbero dunque le più antiche rocce plutoniche, ossia sarebbero le prime rocce formate al principio della consolidazione del liquido terrestre. Ma questo non può ammettersi in modo assoluto. È possibile che la prima pellicola solida si sia formata di rocce diverse da quelle ora citate, e fors'anche analoghe alle rocce vulcaniche attuali, ma che queste, sotto l'azione del calore intenso delle rocce liquide sottoposte, e sotto quella dell'acqua già condensata sulla terra e del vapore ancora esistente nell'atmosfera e capace di produrre sulla superficie terrestre una fortissima pressione, si siano alterate, le loro molecole si siano smosse anche senza una completa fusione, ed abbiano preso quella disposizione e dato alle rocce il loro aspetto e i loro caratteri attuali.

Comunque sia, noi non conosciamo rocce più antiche dei gneiss, dei micacisti e dei graniti or ora citati.

**60. Terreni azoici o di transizione.** Dai gneiss, dai micascisti e dalle altre rocce analoghe, per lo più stratificate, e da alcuni graniti, che si trovano immediatamente sottoposti alle più antiche rocce fossilifere, si deve dunque ritenere composto il terreno chiamato *azoico*, perchè formato prima della comparsa degli esseri viventi sulla terra, e che altri vollero dire *di transizione*, credendo di trovare in esso qualche cosa di mezzo od un passaggio dalle rocce plutoniche, non stratificate e senza fossili, alle rocce sedimentarie, stratificate ma fossilifere.

**61. Dislocazioni anteriori ad ogni sedimento fossilifero. — Sistema montuoso della Vandea.** — In pochi luoghi si vedono i terreni azoici dislocati da soli, cioè senza che siano con essi dislocati alcuni dei terreni sedimentarii. Questi pochi luoghi ben osservati si trovano nella Vandea e nella Bretagna, e specialmente nell' isola detta Belle-Ile, presso S. Adrien, e sulle rive del Blavet. La direzione di queste dislocazioni, trasportata al Bingerloch (pag. 327), risulta N 14° 32 O.

Mare cambrico

Fig. 52. — *Sistema della Vandea.*

Se con questo sistema si deve mettere anche il *sistema brasiliano* (pag. 329), si può credere che al principio dell' epoca paleozoica esistessero varii gruppi montuosi sporgenti a guisa di isole dall'oceano generale là dove sono in oggi la Vandea e la Bretagna (fig. 52), ed altri più estesi sorgessero dallo stesso oceano nei luoghi che ora formano il Brasile.

## II.

## EPOCA PALEOZOICA.

**62. Terreni paleozoici.** — Appartengono a quest'epoca i più antichi terreni sedimentarii, studiati specialmente da Murchison nella Gran Bretagna e in Russia, da D'Orbigny nell'America meridionale, da varii altri eminenti geologi negli Stati-Uniti d'America, e da De Verneuil in Francia; e sono, cominciando dal più antico, i terreni *cambrico, silurico, devonico, carbonifero* e *permiano.*

Si vedono ben distinti nei paesi già citati, non che in alcune parti della Germania.

Non esistono sempre tutti insieme. Così, per esempio, negli Stati Uniti si trovano ben caratterizzati e bene sviluppati soltanto i primi tre e mancano gli altri due; lo stesso si osserva in qualche parte della Francia. In altri luoghi esistono soltanto i terreni carbonifero o devonico, come, per esempio, al Passo di Calais, in varie parti della Spagna, ecc.

Comprendono i *terreni di transizione* e parte dei *terreni secondarii* di Werner; il terreno della *grovacca* (*grauwacke*), il *gruppo carbonifero* e parte del *grès rosso* del De la Bèche.

Fuori d'Europa e d'America si trovano anche in varie parti dell'Asia, al Capo di Buona Speranza, ed alla Nuova Olanda.

Sommando lo spessore dei singoli terreni paleozoici nei diversi paesi in cui sono meglio sviluppati, si trova per i terreni cambrico e silurico 5200 metri, 3050 per il devonico, 3000 pel carbonifero, 1000 per il permiano; in tutto 13,150 metri.

### *Terreno cambrico.*

**63. Tipo inglese.** — Le più antiche rocce sedimentarie ben conosciute sono state studiate nella Gran Bretagna da Salter, Murchison, Coy, Sedwick, ecc, e si trovano specialmente nella contea di Shrop (*Shropshire*), nella Galles settentrionale e in Irlanda, immediatamente sovrapposte alle rocce cristalline stratificate, plutoniche o metamorfiche, affatto prive di fossili o di altre tracce di più antichi esseri viventi.

Nella contea di Shrop sono rocce quarzose prive di fossili ben determinabili e con sole tracce di fucoidi, ossia di vegetali analoghi alle alghe ed ai fuchi attualmente viventi in quasi tutti i mari.

Nella Galles settentrionale esiste un gran deposito di rocce sedimentarie e vulcaniche, per lo più senza fossili, ma contenenti delle ardesie con molti avanzi di crostacei, e specialmente d'un genere chiamato *Lingula*, per cui le rocce stesse furono dette *ardesie a lingule* (*lingula-flags*). Questo gruppo di rocce è diviso in questo modo, dall'alto al basso:

2000 metri di scisti e porfidi, di Arenig;
300 » di scisti, Tremadoc;
450 » di ardesie a lingule;
150 » di arenarie, di Harleck;
300 » di scisti, di Llanberis.

Questi due ultimi piccoli gruppi formano per i geologi inglesi la *serie di Bangor*, la quale non diede nella Galles del Nord alcun fossile; ma in Irlanda, in faccia ad Anglesea, contiene *le tracce del più antico fossile conosciuto*, una specie di zoofito (*Oldhamia*), che ha l'aspetto d'una pianticella. — A togliere ogni dubbio dirò che quando i geologi dicono, per esempio, *scisti di Arenig, scisti di Tremadoc, arenarie di Harleck*, ecc., vogliono dire: scisti bene sviluppati ad Arenig, scisti che hanno il loro maggiore sviluppo o sono meglio caraterizzati a Tremadoc, ecc.

Siccome queste rocce sono state dapprima studiate nel paese di Galles, che è l'antica *Cambria*, così si diede al terreno da esso formato il nome di *cambrico*.

**64. Terreno cambrico in Boemia.** — Un illustre geologo francese, Barrande, in una sua descrizione generale delle rocce paleozoiche della Boemia, vi distingue una serie di scisti, da lui chiamati *scisti protozoici*, perchè sono le prime rocce formate dopo la comparsa degli animali sulla terra. Hanno lo spessore di circa 400 metri, e si possono ritenere contemporanei degli strati a lingule della Galles del Nord. Contengono fossili poco variati, per lo più *trilobiti*, ma ne contengono un gran numero di individui, per cui si potè venire a conoscere i loro modi di trasformazione, le loro metamorfosi, così come conosciamo quelle del baco da seta, di tutti gli altri insetti, e di molti crostacei ora viventi.

**65. Terreno cambrico in Francia.** — La Francia non ha depositi di quest'epoca se non nella Brettagna e in Normandia, fra Pentivy e Saint-Lo, e sono per lo più composti di scisti lucenti come raso, generalmente turchini o neri talvolta verdastri, più o meno modificati presso le rocce plutoniche.

**66. Terreno cambrico in altri paesi.** — Nella penisola

scandinava si trovano altre rocce paragonabili a quelle in discorso, e specialmente gli *scisti allumiferi* ed alcune arenarie con fucoidi , descritte da Angelin nella *Paleontologia Suecica.*

Sotto ad un'arenaria del Canadà, detta *di Potsdam*, del terreno silurico, si trovano altre arenarie e ardesie, a superficie ondulata, zeppe di lingule, e trasformate inferiormente in un conglomerato attraversato da canaletti identici a quelli fatti dai vermi nel fango del mare. Sulle rive del S. Lorenzo e in altre parti degli Stati-Uniti si trovano le stesse rocce, con impronte simili a quelle che lascerebbe un insetto od un crostaceo camminando sul fango molle. Altre rocce più profonde contengono noduli di fosfato di calce, marmi, minerali di rame, e sembrano essere in quei paesi le più antiche rocce sedimentarie. Analoghe rocce, ma con trilobiti ben determinabili si trovano nella valle dell'Alto Missisipì, e sembrano anch'esse appartenere al terreno cambrico.

In nessun altro paese si conoscono finora con certezza strati di quest'epoca antichissima, giacchè quasi dappertutto le rocce stratificate più antiche o sono così alterate, da non potersi sapere se contennero altre volte fossili ben determinabili, o non sono ancora state abbastanza studiate e perlustrate. È però credibile che il terreno cambrico si sia deposto su quasi tutta la terra, nell'immenso oceano allora esistente, ma che non dovunque abbiano esistito animali, ed anche avendo esistito non abbiano lasciato le loro tracce, o queste siano state più tardi cancellate per opera del metamorfismo delle rocce.

**67. Animali viventi nell'epoca cambrica.** — Abbiamo veduto che in quest'epoca devono aver vissuto molti crostacei marini, e specialmente molti *trilobiti*, dei quali sono già stati descritti nel pre-

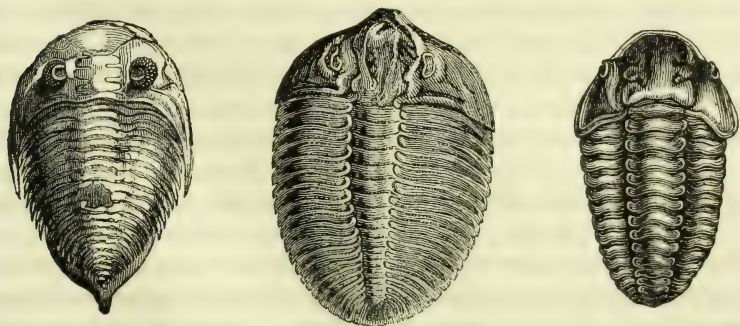



Fig. 53. — *Trilobiti.*

cedente trattatello alcuni singolari caratteri (pag. 181); farò osservare che probabilmente vissero allora anche altri animali, dei quali non

troviamo le tracce, o le cui tracce non sono abbastanza ben definite, quali sono, per esempio, le impronte di passi d'un crostaceo analogo ai granchii marini, scoperte in America. Gli animali di cui conosciamo l'esistenza nell'epoca cambrica sono dunque tutti marini; e questo va d'accordo con altre osservazioni, dalle quali risulta che allora quasi tutta la superficie terrestre doveva essere ricoperta dalle acque del mare, e che poche isole dovevano esistere qua e là, in piccolissimo numero, prodotto dalla più antica dislocazione a noi nota sotto il nome di *sistema della Vandea.*

**68. Temperatura delle acque del mare.** — Se dall'analogia di struttura fra gli animali fossili e i viventi si può dedurre qualche cosa sulle circostanze in cui devono aver vissuto quegli antichi animali, ci è lecito affermare, che in quell'epoca così antica la temperatura dalle acque del mare non doveva sorpassare i 30 o 40 gradi, giacchè altrimenti non avrebbero potuto vivere i trilobiti ed altri crostacei molto simili a quelli che ora vivono nelle acque di tutti i mari.

**69. Vi furono animali vertebrali nell'epoca cambrica?** — « Non si è trovato alcun avanzo di animali vertebrati negli strati del terreno cambrico, dunque non visse in quel tempo alcun vertebrato. » — Questo è il ragionamento di molti geologi, ma è manifestamente falso, perchè il non aver trovato le tracce di una cosa non vuol dire che essa non abbia esistito. — Se poi consideriamo che tutti i sedimenti di quell'epoca a noi noti sono marini, e che sul fondo del mare è assai difficile il raccogliere avanzi dei pesci che vi muoiono, e ancora più difficile è il raccogliere quelli dei rettili, degli uccelli e dei mammiferi sì acquatici che terrestri, dobbiamo persuaderci completamente che dal fatto negativo del non aver trovato avanzi o tracce di vertebrati in quei sedimenti non possiamo dedurne il fatto positivo della non esistenza di siffatti animali in quell' epoca. Conchiudiamo quindi col dire, che non possiamo dare alcuna risposta alla domanda sull'esistenza di vertebrati durante l'epoca cambrica; che qualche cosa si potrà forse rispondere quando si sarà scoperto e minutamente studiato qualche sedimento misto, fluvio-terrestre o fluviomarino, formato in quell'epoca, e che in ogni caso nulla ci impedisce di credere alla possibile esistenza di pesci e di rettili acquatici nel vasto oceano cambrico, di uccelli nell'aria e di mammiferi e rettili terrestri sulle prime isole sparse raramente in quel vastissimo oceano.

**70. Dislocazioni e sistemi montuosi di Finistère, Longmynd e Morbihan.** — Negli ultimi tempi dell'epoca cambrica e nei primi dell'epoca silurica si produssero assai probabilmente molte rotture e dislocazioni della crosta solida terrestre ancora molto sottile,

dalle quali ebbero origine le catene montuose distribuite da Elía di Beaumont nei tre sistemi chiamati di *Finistère*, di *Longmynd* e di *Morbihan*. Tali sono specialmente molti rialzi della Bretagna e della Normandia, della Svezia fra Gothaborg e Upsala, del mezzodì della Finlandia, della Provenza, di Aiaccio in Corsica, ecc., appartenenti al *sistema del Finistère* (fig. 54); le colline di Longmynd nel paese di Galles varie altre alture della Bretagna e della Normandia, al-

Fig. 54. — *Sistema del Finistère.*

Fig. 55. — *Sistema del Longmynd.*

Fig. 56. — *Sistema del Morbihan.*

tre del Limosino, dell' Erzgebirge in Sassonia, del sud-est della Boemia, della Svezia, della Finlandia, della Provenza, riferite al *sistema di Longmynd* (fig. 55); e le coste sud-ovest della Brettagna, della Germania centrale, della Russia meridionale, ecc., spettanti al *sistema di Morbihan* (fig. 56).

**71. Continenti e mari fra l' epoca cambrica e l'epoca silurica.** — Risultarono da queste dislocazioni molte variazioni nelle isole e nei continenti preesistenti, e si formarono altre nuove isole e nuovi continenti. Nel disegno rappresentato nella figura 56 ha cercato il signor Elia di Beaumont di tracciare in generale i luoghi occupati dal mare e dai continenti durante l'epoca silurica, che seguì immediatamente all' epoca cambrica. In Francia vi erano al principio dell' epoca silurica da Brest a Saint-Malo, e da Brest a Poitiers due isole granitiche, l' una secondo il sistema del Finistère, l'altra secondo il sistema di Morbihan, collegate fra loro da un rialzo di depositi cambrici secondo la direzione del sistema del Longmynd. Altre isole analoghe, dovute a questi tre sistemi, si vedono tracciate nello spazio ora occupato dall'Inghilterra, dalla Scozia e dalla Svezia. Un altipiano granitico che forma oggidì l'Alvernia e il Limosino, e in cui si trovano tracce dei sistemi di Longmynd e di Morbihan, doveva già trovarsi al di sopra delle acque, e si legava forse ad una gran terra che si estendeva da Tolone fino ad Innspruck, raggiungendo forse al Sud l' isola di Corsica, che per la sua metà occidentale è formata di sole rocce cristalline. Altre terre esistevano anche nei Pirenei, nei Vogesi, nella Selva Nera, e nel centro della Germania. Nel disegno, tutte queste terre sono segnate in oscuro, i

luoghi nei quali certamente dovette esistere il mare silurico sono leggermente tratteggiati orizzontalmente, e sono lasciati in bianco quelli

Fig. 57. — *Forma ed estensione relative delle terre e dei mari dell'Europa occidentale durante l' epoca silurica.*

di cui non si sa nulla di certo, perchè non si sa se vi esistono terreni silurici, o se furono terre emerse durante quell'epoca.

## *Terreno Silurico.*

**72. Sedimenti silurici**. — Appartengono, come i precedenti, alle *rocce di transizione* di Werner ed alla *grauwacke* di varii geologi tedeschi ed inglesi, sono immediatamente sovrapposti al terreno cambrico, e furono detti *silurici* da Murchison perchè bene sviluppati nel paese di Galles e in altre vicine contrade d'Inghilterra, che anticamente facevano parte del regno dei *Siluri*, tribù dei Bretoni.

Corrispondono al *sistema cambrico* di Sedwick, al *terreno di transizione medio* di Elia di Beaumont, ai *terreni filladico* o *ampelitico* di

Cordier, al *calcare di transizione* di Leonhardt, al *terreno ardesiaco* di D'Omalius d'Halloy.

D'Orbigny li unisce ai cambrici in un solo piano, *l'étage silurien*, che però egli divide in due parti, l'una inferiore, l'altra superiore e da lui chiamata anche *étage murchisonien*.

**73. Tipo inglese del terreno silurico**. — Nel paese degli antichi Siluri il terreno silurico consta delle seguenti parti, partendo dalla più recente:

1.° *Gruppo di Ludlow*, che comprende delle ardesie da tetti (*tile-stones*), delle arenarie grigie, spesso facilissime a ridursi in fango (*mud-stones*), uno strato ricchissimo di ossa fossili di pesci e di coproliti, un calcare ricco di fossili ad Aymestry, e degli scisti fossiliferi; ed ha 855 metri di spessore.

2.° *Gruppo di Wenlok*, che consiste in un calcare sparso di palle più o meno grosse di puro carbonato di calce, e di scisti con molti fossili, ed ha più di 610 metri di spessore.

3.° *Grès* od *arenaria di Caradoc* (nel *Shropshire*), avente circa 610 metri di spessore.

4.° *Ardesie di Llandeilo* (*Llandeilo-flags*), nella contea di Caermarthen, che sono vere ardesie oscure, coprenti un grosso deposito di argille scistose nere, ed hanno almeno 6000 metri di spessore.

Il gruppo di Ludlow contiene molti molluschi marini, specialmente brachiopodi, molti crostacei della famiglia dei trilobiti, varii pesci, che sono *i più antichi pesci conosciuti*, molte alghe marine, e negli strati superiori anche alcune piante terrestri. Il gruppo di Wenlock abbonda invece di crinoidi e polipai, ma ha anche molti trilobiti e graptoliti (specie di zoofiti che sembrano seghe in miniatura). Nel gruppo di Caradoc predominano i molluschi brachiopodi. In quello di Llandeilo si trovano rappresentanti di tutti gli ordini già citati di animali invertebrati. Il calcare di Wenlock merita speciale menzione perchè contiene, come certe rocce della Boemia più antiche, individui di trilobiti a diversi stadii di sviluppo, così che si possono conoscere le metamorfosi di questi antichissimi animaletti.

Altre rocce della stessa epoca si trovano in altre parti della Gran Bretagna, come per esempio, in varii luoghi della Scozia e dell'Irlanda.

**74. Terreno silurico in Francia**. — Insieme cogli scisti cambrici la Bretagna e la Normandia hanno molti depositi silurici, specialmente al sud di Brest, all'est di Launion, a Cherbourg, a Coutaines, ad Angers, ecc. Il *terreno ardesiaco* delle Ardenne, formato, come è indicato dal suo nome, da ardesie, e varie parti della

Linguadoca e del dipartimento del Varo appartengono a questo stesso terreno silurico.

**75. Terreno silurico della Svezia e Norvegia.** — Alla stess'epoca appartengono molti strati che si trovano in varii luoghi della penisola Scandinava, ed hanno gli stessi fossili che in Inghilterra ed uno spessore medio di circa 300 metri.

**76. Boemia. — Teoria delle colonie.** — Il signor Barrande, che ha studiato con molta cura i terreni paleozoici della Boemia, vi ha trovato appress'a poco le stesse suddivisioni che in Inghilterra e nella Svezia e Norvegia, lo stesso predominio dei trilobiti, gli stessi esempii di individui a varii stadii di sviluppo: soltanto le specie sono di solito diverse da quelle degli altri paesi. Egli ha dimostrato che già nell'epoca cambrica e silurica v'erano faune distinte nei diversi paesi; che cangiandosi le circostanze dei paesi, gli animali sono spesso passati da un paese all'altro senza estinguersi, e talvolta sono ritornati più tardi nello stesso luogo dapprima da loro abitato e poi abbandonato. Almeno, con questa teoria, che egli chiama *teoria delle colonie,* egli cerca di spiegare il fatto singolare, che, dividendo i terreni silurici e cambrici della Boemia in due gruppi, ciascuno dei quali ha dei fossili a lui proprii, in uno di questi gruppi si trova intercalato un certo numero di strati con fossili spettanti all'altro; egli dice quindi che al principio in quel paese vissero gli animali e si deposero i sedimenti del primo gruppo; che dopo un certo tempo, per qualche movimento del suolo od altro cangiamento di circostanze, ne partirono quei primi animali e vennero altri a rimpiazzarli; che dopo qualche tempo ritornarono ancora le circostanze di prima e con esse i primi animali; e che più tardi si cambiarono di nuovo le circostanze e ritornarono nello stesso paese ancora gli animali del secondo gruppo, per poi scomparire per sempre, alla fine dell'epoca silurica.

Questa teoria è molto ingegnosa e spiega bene molti cangiamenti rapidi nei fossili contenuti in istrati deposti successivamente in uno stesso paese, e i ritorni delle specie di prima.

Lo stesso Barrande ha poi anche trovato, che, dividendo i sedimenti silurici e cambrici della Boemia in parecchii gruppi sovrapposti, le loro faune non sono così nettamente distinte, che non si trovi mai una specie comune a due faune consecutive, ma passano al contrario l'una all'altra regolarmente, per mezzo di molte specie comuni.

**77. Terreno silurico in Russia.** — Nell'Europa orientale le rocce siluriche hanno uno spessore meno considerevole, e si trovano specialmente in un *grès a unguliti* di Pietroburgo, così chia-

mato per certi brachiopodi che contiene in gran copia, ed in una zona lungo gli Urali.

**78 Terreno silurico degli Stati-Uniti.** — Altre rocce della stessa epoca si trovano nella catena degli Appalachi e negli Stati-Uniti settentrionali. Come in Russia, essi sono per lo più orizzontali, e più ricchi di fossili ben determinabili che in Europa.

Nello Stato di Nuova York si sono distinti in questo terreno diciannove piani ben caratterizzati, che sono, dall'alto al basso: un calcare a pentameri, un calcare scistoso a *Delthyris*, un secondo calcare a pentameri, un calcare a tentaculiti, il gruppo salifero di Onondaga, il gruppo del Niagara, quello di Clinton, il grès di Medina, il conglomerato d'Oneida, un'arenaria grigia, il gruppo del fiume Hudson, le ardesie di Utica, i calcari di Trenton, del fiume Nero, di Bird's-Eye e Chazy, un grès calcifero e il grès di Potsdam. Il grès del fiume Nero contiene ortoceratiti lunghi da 2 metri a $2^{m}$,75. Le specie fossili di questi gruppi non sono tutte le stesse che in Europa: soltanto trenta o quaranta per cento sono comuni ai due paesi. Il grès di Potsdam si dovrebbe mettere, secondo alcuni autori, nel terreno cambrico.

**79. — America meridionale.** — Il D'Orbigny ha trovato il terreno silurico ben caratterizzato anche nell'America meridionale, nelle Ande della Bolivia, dalla provincia di Munecas al nord della Paz fino presso Santa-Cruz-de-la-Sierra, Potosi e Chuquisaca, ossia sulla lunghezza di 200 leghe. — Alla stess' epoca appartengono forse anche alcune parti della provincia dei Chiquitos presso la frontiera del Brasile, e la provincia di Minas Geraes nello stesso Brasile.

**80. Australia, Africa e India.** — Il terreno silurico fu riscontrato recentemente anche in varie parti dell'Australia, al Capo di Buona Speranza, e in molti luoghi dell' India.

**81. Fossili silurici.** — Tutti o quasi tutti gli ordini d'animali marini, appartenenti ai molluschi ed ai zoofiti, non che molti pesci egualmente marini hanno lasciato loro tracce nel terreno silurico; ma non vi fu trovata alcuna traccia di animali terrestri o fluviatili ben determinati.

Quanto alle specie, abbiamo veduto che poche sono quelle comuni all'America e all'Europa; « dappertutto i tipi della vita organica permettono d'assegnare alle rocce un'origine contemporanea, ma le specie fossili sono differenti, e mostrano quanto poco fondamento abbia l'antica ipotesi, che ammetteva nel seno dei mari primordiali la diffusione universale d'una fauna specifica uniforme; nei tempi più antichi, come nei più [illegible], vi ebbe sempre un certo numero di

provincie geografiche distinte (1) ». In altri termini: si possono distinguere attualmente molte faune distinte quanti sono i paesi e i mari, e queste faune hanno pure fra loro molte somiglianze e spesso anche un certo numero di specie comuni; qualche cosa di analogo dev' essere esistito già nell' epoca silurica, giacchè gli animali d'America differivano già fin d' allora quasi tutti da quelli d' Europa o dell' India, ma pur si rassomigliavano alquanto, e v'erano alcune specie comuni a tutti i paesi. Qualche celebre geologo ha detto invece che in quell' epoca tutti i mari erano abitati dalle stesse specie; ma quest' opinione, ripetuta in parecchii libri elementari, è ora trovata affatto erronea e da abbandonarsi.

Anche per l' epoca silurica si può ripetere ciò che ho detto intorno all' epoca cambrica, vale a dire che noi ne conosciamo troppo poco i sedimenti, per poter dire quali animali abbiano vissuto, e quali non abbiano esistito in quel tempo. Certamente anche allora doveva la superficie terrestre presentare isole, continenti, fiumi e lagune, ma noi non conosciamo tutti questi dettagli, perchè non conosciamo tutti i terreni silurici esistenti sulla terra. Negare l' esistenza possibile di questi accidenti e dei relativi sedimenti misti, sarebbe come se gli abitanti delle isole madreporiche dell' Oceano Pacifico non volessero ammettere alcun altro modo di formazione per le isole di tutto il globo fuorchè quello per l' accumulazione di polipai.

**82. Rocce plutoniche siluriche.** — Le rocce siluriche della Norvegia sono attraversate presso Cristiania da filoni e vene di un granito, il quale sembra dunque essere più recente d' esse rocce siluriche; ma lo studio dell' età relativa delle rocce plutoniche così antiche è assai difficile, a motivo delle particolarità locali, relative alla loro intrusione nei gneiss sottoposti alle rocce siluriche.

**83. Dislocazioni spettanti al sistema di Hundsrück.** — Alla fine dell'epoca silurica si formarono nuove dislocazioni, specialmente secondo il *sistema dell'Hundsrück* e del *Westmoreland,* le quali aumentarono in numero ed estensione le isole, i continenti e le montagne di gran parte dell' Europa; ed altre ancora si formarono nell'America meridionale, per le quali sorsero molte alture e montagne in gran parte del Brasile, seguendo la direzione del così detto *sistema itacolumiano,* parallela all' equatore.

**84. Continenti e mari alla fine dell' epoca silurica al principio dell' epoca devonica.** — Nell' Europa occidentale risultarono da siffatte dislocazioni molte nuove terre asciutte in Inghil-

(1) Lyell. *Manuel de Geologie.* II, 198.

terra, in Bretagna, all'ovest di Francoforte, in quasi tutta la penisola Scandinava, fra S. Malò, Strasburgo e i Pirenei, ecc., e diminuirono d'estensione i mari, nei quali cominciarono bentosto a deporsi i sedimenti dell'epoca devonica.

*Terreno devonico.*

**85. Tipi inglesi e scozzesi.** — Nelle contee di Hereford, Worcester e Shrop (che formano una larga zona all'est del paese di Galles) e nella parte meridionale dello stesso paese di Galles, sopra le rocce più antiche (siluriche e cambriche), che si trovano alla superficie del suolo in quasi tutto il paese da quella zona fino al Canale di s. Giorgio, esiste una serie di strati, che ha lo spessore totale di 2000 a 3000 metri, e consta quasi interamente di arenarie rosse, di scisti, di marne argillose macchiate di verde e di rosso con noduli di calcare (*cornstone*). Contiene pochi avanzi di fossili, che sono per lo più di pesci, ed è considerata come costituente un gruppo naturale geologico, il quale fu detto dapprima *vecchia arenaria rossa* (*vieux grès rouge, old red sandstone*), perchè ricchissimo di questa specie di roccia, e per distinguerlo da un altro gruppo analogo e più moderno.

Analoga composizione ha un gruppo della stessa epoca che forma il suolo della Scozia a mezzodì dei Monti Grampiani, nelle contee di Forfar, Kincardine e Fife, così che vi è diviso in tre parti principali: arenaria gialla con vene bianche, scisto e conglomerato rosso, arenaria tegulare. Nella prima di queste parti si sono scoperti gli *avanzi del più antico rettile conosciuto,* una specie di rettile quadrupede che sta fra le salamandre, le iguane e le lucertole. Negli stessi strati si sono trovate anche delle *impronte di passi di un quadrupede,* che sembrano dovute ad una tartaruga. La terza parte di questo gruppo, che fornisce pietre atte a coprire i tetti ed a lastricare i pavimenti (*paving stone*), ha dato molti avanzi di fossili, e specialmente di pesci, che sembrano a prima vista trilobiti, di crostacei colle grosse zampe simili a quelle dei nostri gamberi, e certe agglomerazioni di globetti, che furono paragonate a bacche di lamponi od a riunioni di uova di rana o di qualche mollusco.

Il resto della Scozia, dal capo Wrath fino ai Monti Grampiani è formato da un immenso ammasso di graniti, gneiss e altre rocce ipogeniche, che porta tutt'all'intorno molti lembi di arenarie e di altre rocce sedimentarie, che hanno fornito gli avanzi di molti pesci (uno dei quali (*Asterolepis*) veramente gigantesco, perchè doveva

Fig. 58. *Schizzo della carta geologica dell' Europa* (1).

(1) In questo schizzo v'è un piccolo errore: quella zona rimasta bianca nel centro dell' Italia meridionale, intorno ad un nucleo di *terreno giurese*, bisognava segnarla come *terreno cretaceo*.

avere la lunghezza di otto o nove metri) e dei pezzi di legno di piante *conifere*, ossia portanti fiori a cono, come i pini, gli abeti, ecc.

L'estremità sud-ovest dell'Inghilterra, che forma le contee di Devon e Cornovaglia, dal Capo Lands-End fino ad Exeter, è composta in gran parte di rocce appartenenti al terreno silurico, ma quà e là, e specialmente lungo le coste meridionali, presenta altre rocce con altri fossili, che spettano al terreno di cui ora parliamo. Taluno di questi fossili si trova anche in altri paesi, e in particolare un mollusco brachiopodo (*Spirifer disjunctus*) si rinviene, oltre che in molte altre parti d'Europa, anche nell'Asia minore e nella China; certi cefalopodi detti *climenie*, certi crostacei detti *ciprinidi* e certi brachiopodi detti *calceole*, si ritrovano in varie parti della Germania.

Nella figura 58 che mostra in generale la distribuzione dei terreni formanti il suolo dell'Europa, si è dovuto mettere insieme tutti i terreni paleozoici ed anche il terreno triasico, per non renderla troppo confusa.

Le figure 59, 60, 61 e 62 ci rappresentano alcuni dei fossili più comuni nel terreno che ora stiamo studiando.

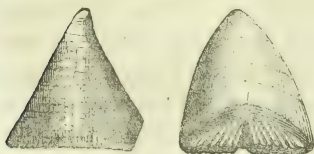



Fig. 59. *Calceola sandalina.*

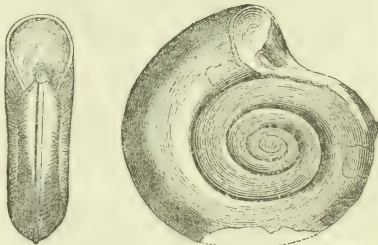



Fig. 60. *Clymenia linearis.*

Fig. 61. *Megalodon cucullatus.*

Fig. 62. *Terebratula porrecta.*

Dal trovarsi questo terreno così ben caratterizzato nel Devonshire venne il suo nome ora generalmente adottato, *devonico*, in luogo di quello dapprima usato, *antico grés rosso*.

**86. Tipo francese.** — La estremità nord-ovest della Francia, ch'è quanto dire la Bretagna, e quella parte della vicina Normandia che forma il dipartimento detto della Manica, da Avranches a Cherbourg, hanno una composizione analoga a quella or ora descritta per l'estremità sud-ovest dell'Inghilterra. Rocce plutoniche lungo le coste da Saint-Malo a Brest e da questa città fino al di là di Nantes, rocce cambriche e siluriche nel mezzo, da Angers a Brest, e quasi tutto il paese da Angers a Cherbourg. Il terreno devonico si trova poi specialmente lungo la Loira presso Angers ed a ponente di questa città, lungo il canale di Brest, ed ha struttura e fossili analoghi a quelli d'Inghilterra. Una roccia di questo terreno ebbe il nome volgare francese *di pierre carrée* a motivo della sua tendenza a rompersi in parallelepipedi.

**87. Terreno devonico delle altre parti d'Europa.** — Lo stesso terreno si ritrova più o men bene sviluppato anche in altri paesi.

Nel Belgio e specialmente nella provincia di Namur, fra Liegi e Beaumont, v'ha una zona lunga e stretta, spettante al terreno carbonifero e con qualche deposito di buon carbon fossile; or bene, intorno e sotto ad esso si stende il terreno devonico, con qualche lembo dei terreni silurico e cambrico, fino ad una linea assai irregolare, che passa per Aquisgrana Liegi, Namur, Charleroi, Ham, Areses, Meziéres e i monti dell' Eifel, (fra Bonn e Luxembourg), comprendendo il gruppo montuoso delle Ardenne. Questo terreno fu detto altre volte dal signor Dumont *antracitifero* a motivo dell' antracite (carbon fossile magrissimo) che contiene, e più recentemente fu diviso in varie parti dallo stesso signor Dumont, che chiamò *ardennese* il terreno cambrico delle Ardenne, *renano* il devoniano inferiore, *eifeliano* il devoniano medio dell' Eifel, e *condrusiano* il devoniano superiore e il carbonifero inferiore della zona fra Liegi e Beaumont, bene caratterizzati a Condros.

A questo terreno appartiene il *marmo di Givet*, bel marmo nero e di altri colori, zeppo di encriniti, che si cava appunto a Givet, sulla Mosa, fra Namur e Mezières.

Nella Germania occidentale, la regione montuosa dell'Hundsrück, fra Luxembourg, Magonza e Coblenza, spettante alla Prussia Renana, e diretto da sud-ovest a nord-est, è parallela ad un'ampia zona di terreno carbonifero ricco di carbon fossile, che si distende al sud-ovest di Magonza; una seconda zona di terreno carbonifero si trova un po' più a settentrione, diretta da levante a ponente, appress'a poco

da Dusseldorf a Lippstadt; una terza zona comincia a una certa distanza dall'estremità orientale della seconda, e si dirige verso l'estremità orientale della zona dell'Hundsrück. Queste tre zone comprendono così una specie di triangolo attraversato dal Reno da Bingen presso Magonza fino a Bonn, e il quale spetta in parte alla Prussia Renana e in parte al Nassau, ed è quasi per intero formato da strati appartenenti ai terreni devonico e silurico. Questi strati formano il così detto *sistema renano,* interessantissimo tanto per i suoi fossili e la sua epoca antica, quanto perchè attraversato, dislocato e alterato in moltissimi luoghi da rocce vulcaniche, e tanto da riescire spesso impossibile distinguere dove cessano le rocce vulcaniche e cominciano le sedimentarie. Esso sistema si unisce nella regione montuosa dell'Eifel col terreno antracitifero del Belgio, e fra i gruppi in cui fu diviso si distinguono specialmente le *arenarie a spiriferi,* le *calcaree a strigocefali,* gli *scisti a ciprinidi,* le *calcaree a goniatiti,* e gli *scisti a posidonomie,* così chiamati a motivo dei fossili caratteristici che contengono in grande quantità.

Il gruppo montuoso dell'Harz, a sud-ovest di Magdeburgo, è anch'esso formato di strati antichissimi, silurici e devonici, con fossili caratteristici.

Gli stessi strati si ritrovano in Germania anche nei monti fra il Thuringerwald e Dresda, nel centro della Boemia, fra Brünn e Olmutz, al nord-est di quest'ultima città, e in una zona continua ma ristretta, lungo il versante settentrionale delle Alpi dal Tirolo fin quasi a Vienna, e in varii luoghi delle Alpi orientali tedesche della Stiria e della Carinzia.

In Russia il terreno devonico ha un'estensione grandissima, formando il suolo di tutto il triangolo fra Königsberg, Pietroburgo, il lago Onega, e la città di Oral (a mezzodì di Mosca), e poi una zona ristretta ma lunghissima, lungo il piede occidentale di tutta la catena degli Urali.

Negli Stati Uniti è ancora più esteso e più completo, così che nello stato di Nuova York si è potuto dividere in dodici gruppi ben distinti, alcuni arenacei e scistosi, forse d'origine littorale, altri formati interamente di polipai, così come i bassi fondi ora in corso di formazione nell'Oceania, ed estesi per più di 800,000 chilometri quadrati, dallo stato di Nuova York fino al Mississipì da una parte e dall'altra fra i laghi Huron e Michigan nel nord ed i fiumi Ohio e Tennessée nel sud. Questi polipai sono analoghi, ma di classi differenti da tutte quelle che ora vivono, per cui non si può trarre da

loro un gran profitto per determinare il clima od altre circostanze di quei paesi nell' epoca devonica.

**88. Rocce ignee.** — Molte rocce plutoniche e vulcaniche attraversano i terreni devonici nella Scozia e in Inghilterra, e si possono ritenere prodotte in quell'epoca antica od alla sua fine.

**89. Mari e continenti nell'epoca devonica.** — Dallo studio dei sedimenti devonici risulta che all'epoca della loro formazione esistevano già molti continenti e molte isole, dove quei sedimenti non potevano depositarsi. Tali furono, per esempio, il centro della Scozia, gran parte della penisola Scandinava e della vicina Finlandia, alcuni gruppi montuosi della Bretagna, del centro della Francia, delle coste francesi sul Mediterraneo, della Corsica, della Sardegna, della Germania centrale, della Turchia, ecc., dove il suolo è ancora in oggi formato quasi per intero dalle rocce plutoniche o ipogeniche; e in tal caso fu forse anche tutto il continente italiano, nel quale non si è finora trovata alcuna traccia di fossili devonici, benchè forse possano essersi formati nell'epoca devonica gli strati più profondi (ardesie, scisti, ecc.) delle Alpi e della Toscana, che per la loro natura mineralogica e per la loro posizione sotto le rocce del terreno carbonifero si possono benissimo paragonare alle rocce devoniche della Francia e dell' Inghilterra.

Devono pur aver esistito estesissimi mari, nel seno dei quali furono deposti i sedimenti devonici, intorno al nucleo plutonico della Scozia, nel centro dell' Irlanda, di là fin verso il centro della Francia e fin nel centro della Germania, sopra quasi tutta l' estensione della Russia e in molti luoghi intorno al Mediterraneo.

**90. Animali dell'epoca devonica.** — In quest'epoca cominciarono certamente a vivere nuovi rettili, nuovi molluschi e nuovi pesci, diminuì il numero dei trilobiti, e vissero in gran quantità gli encrini e i polipai, al punto di formare quasi da soli molti depositi considerevoli in Francia, nel Belgio e in America.

**91. Dislocazioni finali, del sistema dell'Harz.** — Le dislocazioni parallele al gruppo montuoso dell' Harz sembrano avvenute fra la deposizione dei sedimenti devonici e quella del terreno carbonifero; almeno si trovano in esse dislocati tutti gli strati silurici e devonici, ed ancora orizzontali o discordanti dai primi gli strati carboniferi. A questo sistema appartengono dunque: il gruppo dell' Harz, i monti chiamati *Ballons* nella parte meridionale dei monti Vogesi, molte dislocazioni avvenute nella Bretagna e nei paesi vicini, molte parti dell' Inghilterra, della Boemia, della Sassonia, della Svezia, della Russia, degli Altai e dell' America settentrionale. E così,

alla fine dell'epoca devonica, si modificarono ancora i continenti, le isole e i mari, e si prepararono le acque, nelle quali si deposero i sedimenti della susseguente epoca carbonifera.

### *Terreno carbonifero.*

**92. Terreno carbonifero.** (*Terrain houiller* dei Francesi). — Nei mari e nei laghi rimasti dopo le dislocazioni avvenute alla fine dell'epoca devonica, e lasciati da quelle meno intense ma più volte ripetute durante l'epoca seguente, si deposero i sedimenti in parte marini e in parte d'acqua dolce, che contengono quasi tutti i combustibili fossili o minerali adoperati in molti paesi, e che perciò appunto furono detti formare il *terreno carbonifero* o *terreno del carbon fossile* (*houille* dei Francesi, *coal* degli Inglesi).

In quasi tutti i paesi che lo possedono, questo terreno si può dividere in due parti principali; l'una inferiore, composta per lo più di rocce calcaree marine, che formano il gruppo chiamato *calcare carbonifero* o *calcare di montagna* (*calcaire carbonifére, mountain limestone, bergkalk*), l'altra superiore, di sedimenti d'acqua dolce o salmastra, di arenarie, conglomerati, argille e scisti argillosi, fra i cui strati si trovano quelli del carbon fossile, e che formano il gruppo dell'*arenaria carbonifera* o *del carbon fossile* (*grés houillier, carboniferous grit, coal, kohlen-sandstein*).

**93. Nella Gran Bretagna.** — Nella parte meridionale del paese di Galles, verso il canale di Bristol, il calcare carbonifero è bene sviluppato e ben distinto dal gruppo superiore, e forma un bacino elittico, circondato quasi totalmente dagli affioramenti degli strati devonici (1), lungo circa venti miglia geografiche e largo quattro. In tutto questo bacino il calcare carbonifero si distende sopra gli strati devonici che gli servono di letto, e nelle sue parti superiori si trasforma a poco a poco in un'arenaria, che fu detta dagli Inglesi *millstone-grit*, ossia arenaria da macine, e che si trasforma alla sua volta nelle sue parti superiori in una serie di scisti argillosi e di arenarie, che contengono i depositi di carbon fossile. Questi portano poi un calcare poroso, che somiglia completamente ai calcari d'acqua dolce (travertini), mentre il calcare inferiore contiene fossili veramente marini. Tutti questi strati sono disposti a guisa d'un bacino, essendo rialzati tutti all'intorno e abbassati nel mezzo, ma sono poi anche rotti, contorti

(1) *Affioramento* d'uno strato è il luogo ove esso strato giunge alla superficie del suolo.

e ripiegati, così che formano dei zig-zag più o meno completi, e un solo pozzo verticale può spesso attraversare più volte lo stesso strato a diverse profondità. La potenza totale varia da 500 a 4000 metri.

Un bacino minore ma d'analoga composizione e disposizione, forma il suolo intorno a Bristol.

Le contee di Derby, York ed altre, hanno il suolo formato dello stesso terreno carbonifero, per tutto lo spazio compreso approssimativamente in una linea che passa per Derby, Liverpool, Appleby, Berwick, Newcastle e Nottingham. Nella parte meridionale il calcare carbonifero contiene anche molti depositi di minerali di ferro, presso Sheffield, Nottingham e Manchester. In tutto questo ampio bacino poi, le rocce che lo formano sono attraversate da immense spaccature e da spostamenti, che hanno due diverse direzioni, così che tutto il bacino ne rimane suddiviso in un gran numero di campi quadrati, appres' a poco come avverrebbe d'un piano di ghiaccio, che si rompesse in molti pezzi, i quali venissero poi a dislocarsi ed a fermarsi a varie altezze e in diverse posizioni. Celebre è presso Newcastle il *ninety-fathom-dyke,* ossia *dicchio di novanta braccia,* che è una fessura larga novanta braccia (300 metri), e piena di detriti, ed ai cui lati i terreni sono così spostati, che da una parte ha il terreno carbonifero e dall'altra il terreno permiano; e calcolando lo spessore di questi due terreni si trova, che lo spostamento totale dev'esser stato di 200 a 300 metri.

Anche nella Scozia sono poco numerosi i depositi carboniferi, ma tra questi è interessante quello presso Edimburgo, perchè sotto ad un calcare marino ricco di fossili, v'hanno scisti argillosi con piante fossili, e sotto a questi altri strati calcarei, dello spessore totale di 10 metri ma con avanzi di *ciprídi* (specie di piccolissimi crostacei) e di altri animali d'acqua dolce.

In Irlanda quasi tutto il suolo occupato dal terreno carbonifero, è formato dal calcare, ed ha poche depressioni occupate dagli strati contenenti il vero carbon fossile. Il geologo Griffith vi ha distinto, dal basso all'alto, un'arenaria gialla, uno scisto, il calcare di montagna, l'arenaria da macine e il gruppo contenente il carbon fossile, aventi in totale lo spessore di 2000 a 4000 metri.

**94. Fossili del calcare carbonifero.** — Il calcare carbonifero in questi e negli altri paesi è molto ricco di fossili, specialmente del regno animale. Tali sono molti polipai, molti encriniti (altra specie di raggiati), alcuni goniatiti (specie di cefalopodi a tramezzi angolosi), varii molluschi gasteropodi, brachiopodi, ecc. (fig. 63 a 69), ma vi si trovano anche molti avanzi di pesci voraci (fig. 71 e

72), escrementi fossili ossia coproliti (fig. 73), di cestracioni e di ibodonti, i quali sono pesci affini molto agli squali o pesci-cani, che non si trovano se non dall'epoca cretacei in avanti (fig. 74, 75 e 76).

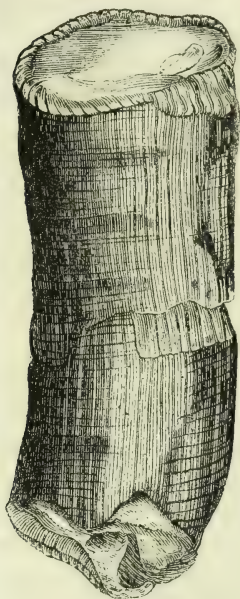



Fig. 63. *Amplexus coralloides.*

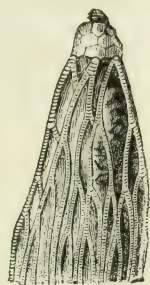



Fig. 64. *Cyathocrinites planus.*

Fig. 65. *Goniatites evolutus.*

Fig. 66. *Bellerophon costatus.*

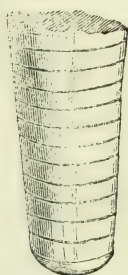
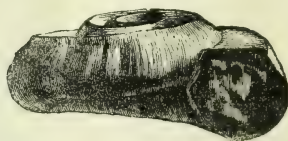



Fig. 67. *Orthoceras lateralis.*

Fig. 68. *Evomphalus pentangulatus.*

Paragonando i polipai di quest'epoca a quelli ora viventi, si trova che differiscono molto per un carattere che pare molto importante. Quasi tutti i polipai presentano delle aperture, nelle quali si avanzano delle lamine della stessa sostanza calcarea che il resto del polipaio, e nelle quali specialmente risiedono o risiedevano gli animali costruttori di essi polipai. Or bene, le lamine dei polipai del-

l'epoca carbonifera o in generale delle epoche paleozoiche sono in numero di 4, di 8, di 16, di 32, ecc.; quelle dei polipai ora viventi e di quelli pure che si trovano nei terreni secondarii e terziarii sono

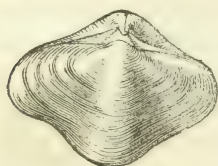



Fig. 69. *Spirifer glaber.*

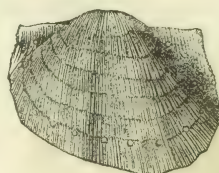



Fig. 70. *Productus Martini.*

invece in numero di 6, di 12, di 24, di 48, ecc.; così che, dice Lyell, basta contare bene il numero delle lamine di un polipaio fossile, per sapere se appartiene ad un terreno paleozoico, oppure ad un terreno secondario, terziario o quaternario.

Fig 71. *Mascella inferiore d'holopticus Hibberti.*

Fig. 72. *Dente di megalicthys Hibberti.*

Fig. 73. *Coproliti*

Fig. 74. *Dente di cestracione.*

Fig. 75. *Dente d'ibodonte.*

Fig. 76. *Dente di vero squalo.*

Quanto alle conchiglie si è osservato che molte di esse conservano ancora i loro colori, e da ciò si può dedurre che hanno vissuto in

mari non più profondi di 90 metri, giacchè a maggior profondità non si trovano che conchiglie smorte o senza colore.

Oltre ai pesci i cui denti sono rappresentati nelle figg. 71, 72, 74 e 75 altri ve n'ha nel terreno carbonifero, e specialmente in un banco di ossami scoperto presso Clifton sull'Avon, e in un altro, ad Armagh in Irlanda, i quali invece dei denti hanno due o più piastre dure aderenti al palato, ed atte a masticare. Nelle sole isole Britanniche si vennero a conoscere più di settanta specie di pesci dell'epoca carbonifera.

Negli strati marini di quell'epoca si sono poi trovati anche molte specie di foraminifere.

**95. Fossili del vero gruppo del carbon fossile.** — Negli strati argillosi e d'arenaria che contengono i depositi di combustibile non si raccoglie più alcun fossile veramente marino, e sono rarissimi i fossili del regno animale, ma sono invece estremamente abbondanti i vegetali, tanto nei veri depositi di carbon fossile, quanto negli strati che contengono questi depositi. Tra questi fossili, che sono molto numerosi, si distinguono molte felci, molte piante analoghe agli equiseti ora viventi, alle cicadee, ai pini, ecc. (fig. 77 a 87).

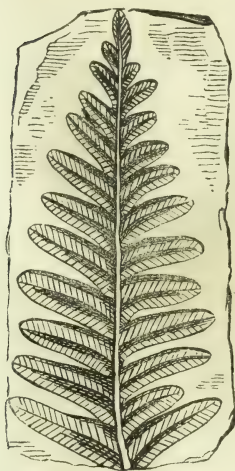



Fig. 77. *Pecopteris aquilina.*

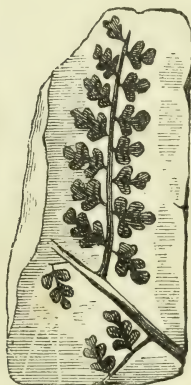



Fig. 78. *Sphenopteris Hœninghausi.*

Fig. 79. *Nevropteris Loshii.*

Sono vere *felci* i generi *pecopteris, sphenopteris, nevropteris,* ecc., che somigliano moltissimo alle felci erbacee dei nostri paesi oppure che hanno l'aspetto di alle felci arboree dei paesi caldi, palme e il tronco ornato delle cicatrici rimaste pel cadere delle foglie ad una

ad una (figura 88). Le prime non si possono studiare se non dietro i caratteri pochissimo definiti e molto variabili delle foglie e delle loro ramificazioni e nervature, perchè, generalmente parlando,

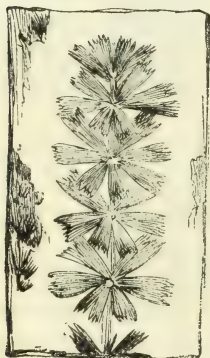



Fig. 80. *Sphenophyllum dentatum.*

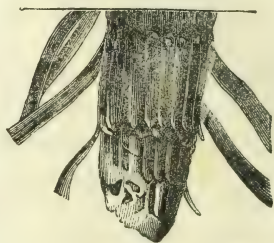



Fig. 81. *Calamites cannæformis.*

Fig. 82. *Lepidodendron crenatum.*

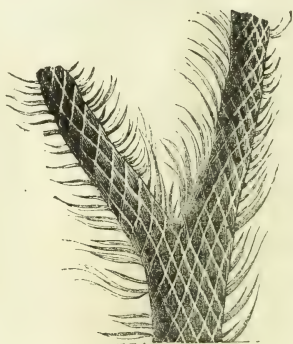



Fig. 83. *Lepidodendron elegans.*

non mostrano gli organi della fruttificazione. Quanto alle arboree, se ne conoscono almeno 250 dell'epoca carbonifera, mentre quelle ora viventi nei paesi caldi spettano alla sola famiglia delle *polipodiacee*, della quale l'Europa non possiede sessanta specie, ed anch'esse non arboree.

Alla famiglia delle *licopodiacee* si ritengono appartenere i *lepidodendri* (fig. 82 e 83), che hanno il tronco ramificato e dei frutti composti cilindrici e paragonabili fino a un certo segno a quelli dei larici.

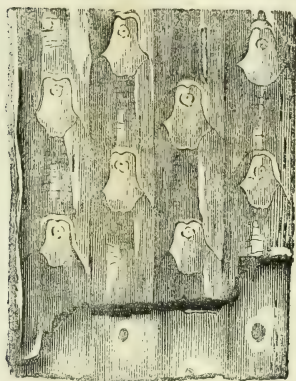



Fig. 84. *Sigillaria pachyderma.*

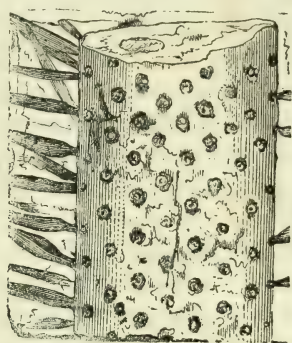



Fig. 85. *Stigmaria ficoides.*

Fig. 86. *Walchia Schlotheimii.*

Fig. 87. *Walchia hypnoides.*

Alla famiglia della comunissima *asperella*, chiamata scientificamente *equiseto,* ossia alla famiglia delle *equisetacee,* si trovano appartenere varie piante fossili del carbon fossile, talune veramente gigantesche in confronto dei piccoli equiseti ora viventi.

Furono chiamati *calamiti* (fig. 81) certi tronchi cilindrici, solcati pel lungo, e talvolta terminati in punta, che dapprima si credettero appartenere alle equisetacee, ma che poi si trovarono avere tale struttura interna, da non potersi paragonare a quella di alcun vegetale vivente conosciuto. Quelle punte coniche, spesso ornate di appendici laterali, non sono le estremità, ma le radici della pianta, e di più, là dove si assotiglia in punta, ha nell' interno una punta conica diretta in senso contrario, vale a dire diretta in alto, ed unita colla corteccia per mezzo di un tessuto di fibre disposte a guisa dei raggi d' una ruota. Ora i botanici sembrano propensi a mettere queste piante tra le *fanerogame,* ossia tra quelle che hanno veri fiori, e non tra le *crittogame*, che non li hanno, come sono le felci, i licopodii, gli equiseti, ecc.

Fig. 88. *Felce arborea.*

Si chiamarono *sigillarie* (fig. 84) altre piante di cui non si conoscono che i tronchi, i quali sono scanalati pel lungo, oppure hanno dei rialzi longitudinali, e tra un rialzo e l'altro una fila di piccoli bottoni, che sembrano segnare i luoghi ove erano attaccate le foglie. Questi tronchi sono spesso molto lunghi, ora verticali, ridotti alla sola corteccia più o meno carbonizzata, e pieni di un materiale analogo a quello costituente la roccia circostante, ed ora disposti orizzontalmente e schiacciati lateralmente, come se il midollo e il legno fossero scomparsi, e la corteccia si fosse piegata e schiacciata sotto il peso delle materie sovrastanti. Anche queste piante non hanno analoghe viventi, ma sembrano piuttosto crittogame più perfette delle viventi, che fanerogame.

Si chiamarono *stigmarie* (fig. 85) molte porzioni ramificate, che si trovano disposte in certi strati a guisa delle radici delle piante viventi; più recentemente si sono trovati dei tronchi di sigillaria terminanti in basso con queste stigmarie, e si vide così che queste ultime sono

vere radici di sigillarie. Esse hanno dei bottoni prominenti e dei filamenti che si attaccano a questi bottoni; questi filamenti si devono quindi ritenere per i filamenti destinati a succhiare gli alimenti dal suolo pel nutrimento della pianta.

Col carbon fossile si trovarono anche veri legni e frutti di piante conifere, ossia spettanti alla stessa famiglia che i pini, i larici, le araucarie dell'America settentrionale, i cipressi, gli abeti. Le *valchie* (fig. 85 e 86) sono di questo numero.

In questi ultimi tempi si sono trovati anche delle impronte, che dapprima si credettero di gemme in via di sbocciamento, ma che poi furono ritenute di veri fiori disposti in ispiche ed analoghi a quelli delle bromeliacee, ossia delle piante di cui è tipo l'ananas.

Da tutto questo si conchiude che la *flora carbonifera* ( ossia l'insieme delle piante di quest'epoca) non è così imperfetta come si credette altra volta, nè ci obbliga ad ammettere per tutti i paesi d'allora un clima così caldo come quelli dei tropici, giacchè di felci arboree, di licopodiacee e di conifere consta specialmente la flora attuale della Nuova Zelanda, e le sigillarie e le calamiti non ci possono dare alcun lume in questo argomento, appartenendo a famiglie ora affatto perdute. « Una foresta della Nuova Zelanda ci mostrerebbe dunque una vegetazione più analoga a quella dell'epoca carbonifera che qualunque altra foresta attuale (1) ».

Quanto agli animali, ho detto che sono rarissimi nel gruppo del carbon fossile; e infatti i bacini dell'Inghilterra diedero dei bivalvi, dei piccoli crostacei e delle conchiglie di vermi, che indicano ora dei depositi marini ed ora dei depositi fluviali o lacustri; altri bacini hanno dato dei pesci, dei crostacei analoghi ai limuli che ora vivono nel mare del Giappone, degli aracnidi (scorpioni), degli insetti alati, ed anche poche conchiglie analoghe a quelle del sottoposto calcare carbonifero. Questo prova che il carbon fossile si formò in luoghi, che furono occupati ora dall'acqua dolce ed ora dal mare. Ma fra tutti questi animali merita speciale menzione un vero rettile, scoperto dapprima nel carbon fossile di Mûnster Appel, nella Baviera Renana, e poi trovato anche nel bacino di Saarbrück. Era un rettile a respirazione aerea, lungo più d'un metro, da collocarsi pei suoi caratteri fra i saurii e i batracii, quadrupede, con molte analogie col proteo anguino che in oggi abita soltanto le acque delle caverne dell'Istria, e che fu chiamato *Archegosaurus*. E in America furono poi trovati altri scheletri di rettili a respirazione aerea, e molte im

(1) Lyell, *Manuale di Geologia*. II. 84.

pronte di passi di quadrupedi, che probabilmente erano gli stessi rettili di cui si conoscono le ossa.

**96. Nel Belgio.** — Anche sul continente europeo il terreno carbonifero si mostra ora in piccoli bacini ed ora sopra grandi estensioni.

Nel Belgio, al piede ed al nord-ovest delle Ardenne, v'ha un bacino lungo e stretto, che si stende da Aix la Chapelle, per Liegi, Namur e Charleroi, fino a Mons, e di là prosegue ancora nella stessa direzione verso Dallay in Francia, ma nascosto sotto i terreni più recenti. Il calcare carbonifero vi è per lo più azzurro, nerastro o nero, spesso con vene bianche di spato calcare, e può adoperarsi come marmo, specialmente quando ha un bel color nero sparso di macchie bianche o meno oscure, dovute ai numerosi fossili (encrini) in esso contenuti. Gli strati con carbon fossile somigliano a quelli dell'Inghilterra, hanno molte contorsioni e moltissimi ripiegamenti a zigzag, ma, considerata la loro generale disposizione, formano un bacino molto regolare, fatto a conca, rialzandosi verso nord e verso sud, ed estendendosi regolarmente nelle altre due direzioni cardinali, in modo che si possono facilmente ritrovare col mezzo di pozzi e di miniere anche nei paesi, il cui suolo superficiale è costituito da terreni più recenti, quali sono le vicine provincie della Francia. Gli strati di carbon fossile sono numerosi, ma sottili: il più grosso ha lo spessore di un metro.

**97. In Germania.** — Le rive della Ruhr (che sbocca nel Reno presso Krefeld, sotto Dusseldorf, venendo dai monti a sud-est di Lippstadt) sono formate da una zona di terreno carbonifero, diretta da levante a ponente, e che divide i terreni più antichi della regione montuosa fra Magonza e Colonia dai terreni cretacei del fiume Lippe, coi quali comincia la pianura che si stende fino al Baltico. Anche questo terreno carbonifero ha il suo calcare marino, con depositi di minerale ferrifero, i suoi scisti argillosi e la sua arenaria, talvolta in istrati così grossi, da non sembrare più stratificata, per cui fu detta dai Tedeschi *flötzleerer Sandstein*, cioè arenaria senza piani o senza strati. L'eccellente carbon fossile e i minerali di ferro di questo bacino alimentano specialmente le fabbriche di Dusseldorf e di Elberfeld.

Il bacino delle rive della Ruhr è in parte d'origine marina, perchè almeno la sua parte inferiore consta di calcare con fossili marini; la stessa Germania ne ha altri, che sono esclusivamente d'acqua dolce, mancanti affatto di sedimenti marini e con soli fossili fluviatili, lacustri e terrestri.

Il più importante di questi è il *bacino del basso Palatinato,* ossia *di*

*Saarbrück e Kaiserslautern,* che si stende fra Saarbrück e Kreuznach, sulla linea da Metz a Magonza, lungo il piede meridionale della catena dell' Hundsrück, che è interamente formata di rocce più antiche, siluriche e devoniche. I suoi strati sono disposti a conca od a bacino, rilevati da ogni parte, come se si fossero deposti in un vasto lago scavato nelle rocce più antiche; sono rotti, attraversati e dislocati da molte rocce vulcaniche; e contengono in alcune parti un eccellente combustibile, e in altre una certa quantità di piriti di ferro (minerale composto di solfo e ferro e coll'aspetto d'ottone), le quali sono facili ad alterarsi, e alterandosi e scomponendosi si riscaldano al punto da far accendere il carbon fossile, e da dare così origine a grandi incendii sotterranei, che non si spengono se non quando cessa loro l'alimento del carbone e dell'aria.

Importante è pure il *bacino della Slesia,* fra Breslavia e i monti Sudeti (confini della Boemia) nei dintorni di Waldenburg, composto come il precedente, e com'esso rotto e attraversato da rocce vulcaniche, basaltiche e porfiriche, e ricco di eccellente carbon fossile ma anche di piriti capaci di produrre incendii. In questo bacino si è osservato che là dove il carbon fossile è vicino ai porfidi è trasformato in *coke*, come nei luoghi vicini a quelli invasi dagli incendii spontanei.

Altri bacini esistono: presso Zwickau in Sassonia, sulle rocce primitive e metamorfiche dell'Erzgebirge; frà Kassel e Magonza, tra le rocce siluriche e devoniche e le triasiche; in Boemia a ponente di Praga.

**98. In Francia.** — La Francia conta molti piccoli depositi di carbon fossile, specialmente nell'altipiano centrale (Nivernese, Borbonese, Lionese, Alvernia e Linguadoca orientale), nel dipartimento del Varo, nei monti Vogesi meridionali, nella Bretagna, nella Majenna, nell'Angiò e nel prolungamento del bacino belgico; ed ha poi dei lembi di terreno carbonifero senza carbon fossile al nord dell'Altipiano centrale, nella Sciampagna e nella Borgogna.

Uno dei più importanti tra i depositi francesi di carbon fossile è quello del *bacino di Saint-Étienne e Rive de Gier,* poco al sud di Lione, sulla riva destra del Rodano, tra questo fiume e la Loira. Orizzontalmente non ha più di 46000 metri in lunghezza e 13000 metri di massima larghezza, ma il suo combustibile è eccellente e le miniere sono unite col mezzo di ferrovie colla Loira, colla ferrovia di Lione, col Rodano e col canale che unisce questo fiume col Reno, così che può fornire di combustibile tutte le città e fabbriche dello stato. È diviso da un tratto sterile in due porzioni, l'una a Saint-

Etienne, l'altra a Rive de Gier, consta specialmente di arenarie, le quali inferiormente diventano vere puddinghe, ha una potenza totale di circa 750 metri; è attraversato da spaccature e da salti, e il più grosso strato di combustibile ha lo spessore medio di tre metri e mezzo, ma, come tutti gli altri, varia molto in grossezza da un luogo all'altro.

Gli altri depositi più importanti di carbon fossile in Francia sono quelli di Epinac, Creusot, Blanzy, Bect e Fins nella parte settentrionale dell'Altipiano centrale; quello di Aubin al sud del Cantal; quello di Alais nel dipartimento del Gard, quello di Saint-Gervais al nord di Carcassonne; due nel dipartimento del Varo presso Fréjus; uno nei monti vogesi meridionali; quelli di Faymoreau e di Chantonnay nel Poiton (Vandea), una serie di piccoli depositi attraverso la valle della Loira presso Angers, finalmente quello di Anzin, fra Arras e Douai, sul prolungamento del bacino belgico.

Fig. 89. *Carta dei depositi carboniferi della Francia.*

Tutti questi depositi sono segnati in nero sulla carta della Francia rappresentata nella figura 89.

**99. In Russia.** — Il terreno carbonifero in Russia forma il suolo di una grand'estensione di paese, costituendo una zona che comincia al Mar Bianco nel golfo di Mezen, si dirige verso mezzodì e prima di terminare si allarga moltissimo intorno a Mosca; un'altra zona, più ristretta, lungo tutto il piede occidentale degli Urali; e

poi un tratto di paese nel territorio di Khavkow, al nord del Mare d'Azof. In tutti questi luoghi i suoi strati sono pressochè orizzontali, cioè si rialzano di poco verso ponente quelli della zona di Mosca, verso levante quelli della zona uralica, verso mezzodì quelli al nord del mare di Azof; e tutti si abbassano leggermente verso i bacini della Dvina e del Volga. Essi si appoggiano dunque a guisa di un lenzuolo sugli strati più antichi (devonici e silurici), che formano il suolo verso il mar Baltico e negli Urali, e sono ricoperti dagli strati più recenti (permiani, giuresi e cretacei), che formano il suolo delle immense pianure, per le quali scorrono i due fiumi già citati, la Dvina e il Volga.

Il terreno carbonifero occupa dunque in Russia una superficie maggiore della Francia e della Germania insieme unite, e sarebbe immensamente utile se vi fosse composto come in questi due paesi; ma non è formato se non dalle rocce calcaree marine, e non ha che piccoli depositi di carbon fossile nella sua parte meridionale.

**100. Nell' America settentrionale.** — Anche nell' America settentrionale è assai sviluppato il terreno carbonifero, formando, per così dire, un immenso bacino, diviso in tre parti da due catene montuose composte di rocce più antiche.

Il più grande di questi bacini secondarii, compreso fra gli Allegani e Cincinnati, si stende per quasi tutto il bacino idrografico del fiume Ohio, su una superficie di 60,000 miglia tedesche quadrate. Comprende gli stati di Tenessee e di Pensilvania e intermedii, ed è chiamato dai geologi americani *campo carbonifero apalachico.* Nelle sue parti orientali, sui fianchi degli Allegani, gli strati sono contorti, ripiegati e dislocati, benchè si riconosca sempre la loro generale disposizione, per la quale si vedono appoggiati alle rocce più antiche, costituenti le montagne alleganiche. In questa parte orientale il combustibile che contengono non è più vero carbon fossile, capace di dare gas illuminante per mezzo della distillazione, ma antracite, cioè di composizione quasi analoga al *coke*, che resta dopo la distillazione del carbon fossile ordinario, fatta per ottenere il gas illuminante; verso ponente gli strati sono meno dislocati e si rialzano regolarmente, per addossarsi alle rocce devoniche delle alture di Cincinnati, e contengono vero carbon fossile, simile a quello del Belgio e dell' Inghilterra.

Le pianure Illinesi, su cui stanno le città di Vandalia e di Indianopoli, e che sono comprese fra le alture di Cincinnati e la valle del Mississipì, sono formate dal secondo bacino secondario del terreno carbonifero, il quale ha una superficie di 50,000 miglia te-

desche quadrate, è composto specialmente di calcari marini, e poco ricco di depositi di vero carbon fossile.

Il terzo bacino secondario è quello del Michigan, presso il capo di questo nome, della superficie di 12,000 miglia quadrate tedesche, e senza depositi di carbon fossile ben conosciuti.

La Nuova Brunswig, la Nuova Scozia, le isole di San-Giovanni e della Maddalena al sud del golfo di San Lorenzo, e fors'anche gran parte del fondo stesso del golfo e del vicino mare, si possono considerare come costituenti un quarto bacino di terreno carbonifero, nel quale però non si conoscono finora buoni ed estesi depositi di combustibile.

In tutto, il terreno carbonifero sembra occupare nell'America settentrionale almeno 160,000 miglia tedesche quadrate di superficie, ed avervi quindi un'estensione molto superiore di quella di tutti i bacini carboniferi europei sommati insieme.

**101. Nell'Europa meridionale.** — In qualche parte della Spagna, ed anche sulle coste occidentali della Sardegna e della Corsica furono trovati in modo ben certo dei depositi dell'epoca carbonifera, ben caratterizzati dai vegetali fossili.

In Italia il più antico terreno sedimentario e fossilifero ben conosciuto si trova nella Toscana, e specialmente nei Monti Pisani e ad Jano, dove si raccolsero animali e piante decisamente dell'epoca carbonifera.

**102. Nelle Alpi. — Terreno antracitifero della Savoia.** — Tutta la catena delle Alpi si può considerare formata da una zona centrale di rocce plutoniche e metamorfiche antichissime, che forma le più alte vette e il crinale divisorio fra il bacino idrografico dell'Adriatico e quelli del Mediterraneo, dell'Atlantico e del Baltico. Ai due lati di questa zona centrale si stendono due zone più o meno parallele, più o meno complete, e formate di arenarie, di conglomerati e scisti argillosi, le quali non hanno fornito fossili se non nelle Alpi austriache. Questi fossili sono specialmente silurici a Dienten nel Salisburghese, devonici a Plawutsch presso Gratz ed a Bleiberg, e dell'epoca carbonifera a Stangalp presso Terrach, fra Muran e Gmünd; e gli scisti sono ora grigi, ora verdi ed ora neri. Secondo il geologo svizzero Studer la zona occidentale e settentrionale si stende nelle Alpi francesi e tedesche dall'Oisans (Briançon) e dal Monte Viso fin quasi a Vienna, interrotta nel Tirolo, e passando per le Alpi francesi, il Cenisio, i dintorni del Monte Bianco, Brig nel Vallese, Airolo nel Cantone Ticino, Coira e Bormio, e poi per il Brenner, Innsbruck, il Gross-Glockner, Radstadt, Murzschlag, terminando poco

prima di Neustadt. La zona meridionale passa attraverso le alte valli della Dora Baltea, della Sesia, del Ticino, dell'Adda, forma dei monti nel Tirolo, e poi si stende per le Alpi Venete fino a Villach. Altri lembi delle stesse rocce si trovano quà e là nell'Illiria e nella Stiria, a Friesach, a Klagenfurt, a Marburg, a Cilli, ecc.

Resta ora a cercarsi a qual' epoca si debbano riferire le rocce componenti queste due zone, e che sono nelle Alpi le più antiche rocce sedimentarie.

I fossili trovati nelle Alpi Orientali indicherebbero i terreni silurico, devonico e carbonifero. Tutte queste rocce somigliano per caratteri mineralogici perfettamente alle rocce veramente dell'epoca carbonifera della Toscana, che vi formano un gruppo notissimo sotto il nome di *verrucano*, perchè molto sviluppato al monte della Verruca presso Pisa; questa somiglianza si rimarca specialmente in Lombardia, dove le rocce in discorso non hanno finora dato alcun fossile, e nelle Alpi piemontesi e savoiarde dove si credettero trovare uniti insieme fossili dell'epoca carbonifera e fossili molto meno antichi, dell'epoca giurese, per cui gli uni vollero vedervi il terreno carbonifero, altri il terreno giurese, ed altri uno sconvolgimento ed un ripiegamento di strati di due epoche diverse, gli uni giuresi, gli altri carboniferi. Ecco alcuni particolari intorno a questa porzione delle Alpi, necessarii per comprendere lo stato della quistione.

» Queste rocce sono bene sviluppate specialmente in quello spazio triangolare che comprende la Tarentasia, la Morienna ed una parte del dipartimento delle Alte Alpi, e che è limitato: a ponente dalla catena montuosa diretta da nord-est a sud-ovest, che si distende dal monte Bianco sin presso Grenoble col nome di *Alpi occidentali*; ed a levante dall'altra catena montuosa, diretta da nord a sud, che va dal monte Bianco al monte Viso, e forma la frontiera del Piemonte sotto ai nomi di *Alpi Cozie* e *Alpi Graie*.

« Se, partendo dalla zona cristallina delle Alpi occidentali si attraversa il paese montuoso suaccenato, si cammina dapprima sopra una serie di rocce che sono sovrapposte a questa catena cristallina e il di cui tipo è nei dintorni del villaggio denominato la Grave (fra Grenoble e Briançon). Sono scisti ardesiaci, che si appoggiano sul terreno talcoso delle due rive della Romanche, e che portano una serie di calcari granosi, di quarziti talcose, di calcari marnosi e di scisti argillosi-calcarei, neri, ardesiaci, spesso con minerali metalliferi. La parte mediana di questo gruppo, chiamato *antracitifero inferiore*, contiene belemniti imperfettamente conservate. Tutti questi strati si affondano verso nord-est sotto ad altri, che co-

stituiscono il gruppo del terreno *antracitifero superiore*, dal colle del Lautaret sino ai monti che formano il confine piemontese ad occidente di Oulx, dove ricompaiono alla superficie gli strati del terreno inferiore, per continuare sino ad Oulx e cedere il terreno ai gneiss e steascisti sui quali si appoggiano.

» Il terreno antracitifero superiore si trova quindi occupare lo spazio fra due zone di terreno antracitifero inferiore.

» La zona occidentale del terreno antracitifero inferiore, che comincia a la Grave, si stende verso nord-est, lungo la zona di gneiss e di steascisti che si dirige verso il monte Bianco; essa si ritrova quindi intorno a S. Giovanni di Morienna, a la Chambre, al colle della Maddalena (al sud-ovest di Moutiers), sino al colle di Bonhomme, a sud-ovest del Monte Bianco. Gli scisti di questa zona contengono presso Petit-Coeur (Saint-Eusèbe de Petit-Coeur, a 5 chilometri al N. O. di Moutiers), come in molti altri luoghi, alcune belemniti, e ad Allevand e al colle della Maddalena, contengono varie ammoniti caratteristiche del terreno giurese inferiore di Francia, mentre alcune arenarie con antracite che vi sembrano intimamente connesse contengono impronte di piante fossili caratteristiche del terreno carbonifero in Francia ed Inghilterra, ed appartenenti ai generi *Neuropteris, Odontopteris, Sphenopteris, Pecopteris, Lepidodendron, Sphenophyllum, Asterophyllum, Annularia, Sigillaria, Stigmaria,* ecc.: unione singolare di fossili d'epoca sì differente, che rese famoso il villaggio di Petit-Coeur presso il quale esso era stato per la prima volta osservato. Qui i gneiss sono ricoperti da un gruppo di steascisti e di conglomerati senza fossili; la parte superiore degli steascisti, lavorata per coprir tetti, sotto il nome di *ardesia bianca*. porta gli strati neri fossili, detti *ardesia nera*, che contengono le belemniti. A questi sono sovrapposti altri strati di arenaria, contenente l'antracite e sulla superficie nera dei quali, là dove tocca l'antracite, spiccano le impronte talcose bianche, brillanti e quasi argentee, dei vegetali dell'epoca carbonifera. Questi poi portano altri strati di scisti con belemniti, calcari, brecce, ecc.

» Analoga disposizione si vede in altri luoghi della zona descritta, e specialmente presso al monte Bianco, dove vedonsi i micascisti rossi e l'arenaria rossa di Valorsina, in intima connessione fra loro e con altri strati superiori, di quarziti, di scisti argillosi con impronte vegetali e di calcare nero, affondarsi verso ponente sotto gli strati di gneiss e di protogino del Monte Bianco.

« La zona orientale si stende nelle Alpi piemontesi intorno ad Oulx e di là verso il nord e verso il sud, ed è formata di scisti ar-

gillosi, quasi micacei, di veri micascisti e di calcari saccaroidi; presenta quindi una struttura più cristallina che la zona occidentale, e

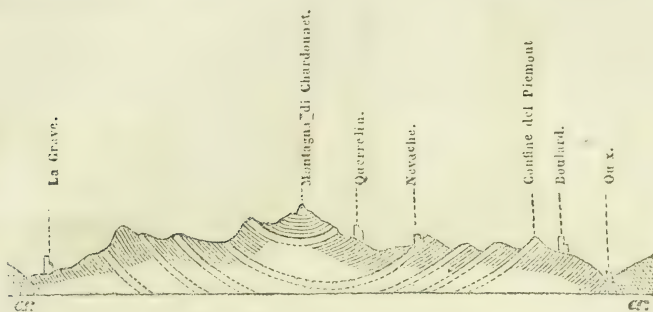



Fig. 90.

manca nello stesso tempo di fossili e di arenarie con antracite e impronte di vegetali.

» Sopra questo terreno antracitifero inferiore si trova, come ho già detto, una lunga serie di strati alternanti, di scisti argillosi, di arenarie, di calcari ecc., che formano il terreno antracitifero superiore. Tutto lo spazio compreso fra le due zone già descritte del terreno antracitifero inferiore è occupato dal terreno di cui parlo; ne sono dunque formati i monti di Briançon, il Monte Genévre, il colle del Chardonnet, il Monte Tabor, il colle des Encombres, i monti di Borgo S. Maurizio, il Piccolo S. Bernardo, i dintorni di Courmayeur, ecc., ecc. Questo gruppo di strati contiene ancora impronte di vegetali dell'epoca carbonifera, appartenenti ai generi già citati, varie ammoniti ed altri fossili giuresi, specialmente al colle des Encombres, nella valle dell'Isére, al colle del Chardonnet, ecc. Alcuni strati di arenarie, quarziti, scisti ardesiaci, ecc., della parte inferiore del terreno antracitifero inferiore, come pure altri strati analoghi che terminano superiormente il terreno antracitifero superiore e furono paragonati per la loro composizione al *verrucano* di Toscana, la parte inferiore del quale è del terreno carbonifero.

» La disposizione generale degli strati di questi due terreni, quale ce l'ha indicata lo spaccato da La Grave ad Oulx pubblicato da Scipione Gras (fig. 90), si ritrova anche in quello che ci dà il cav. Angelo Sismonda, dal fiume Arco nella Moriana a Torino, seguendo un piano verticale che non si discosta molto dalla strada maestra pel passaggio del Monte Cenisio (fig. 91): tuttavia questo geologo classifica questi terreni diversamente.

» Scendendo dai monti fra la Tarentasia e la Moriana verso il fiume Arco e salendo al Monte Cenisio e discendendo di là sino a

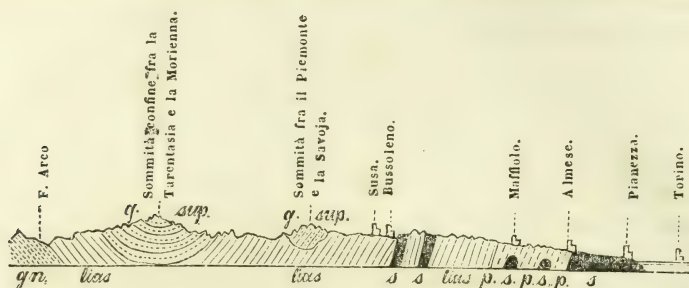



Fig. 91.

Torino, si passa successivamente dagli strati più recenti ai più antichi, come sono quelli da Susa e Bussoleno sino alla emersione serpentinosa, che divide i terreni stratificati eminentemente metamorfici (*p*) di Maffiolo ed Almese dai depositi diluviali dei dintorni di Torino, sparsi di massi erratici di serpentina ed altre rocce ignee. E la stessa disposizione di rocce si ritrova anche in uno spaccato della Moriana fra S. Giovanni e S. Michele.

» A quale epoca geologica si deve ora riportare questo potentissimo gruppo di strati, che contiene insieme fossili animali caratteristici del terreno giurese e vegetali caratteristici del terreno carbonifero?

» Ecco il quesito che sin dal 1828 aspetta ancora una soluzione.

» Nelle discussioni a cui questo quesito diede luogo, v'ebbe taluno che mise in dubbio persino l'essere realmente lo strato con vegetali di Petit-Coeur compreso fra gli altri che contengono le belemniti, facendo osservare, che per vedere i diversi strati bisogna percorrere un certo spazio, sufficiente, secondo lui, per indurre in errore circa alla vera continuazione e disposizione degli strati, per effetto di qualche ripiegamento o altra delle dislocazioni così frequenti nelle Alpi.

» Questo dubbio però non è ammesso dalla maggior parte dei geologi, i quali, in generale, credono vera in tutta la regione occupata dal terreno antracitifero l'alternanza degli strati con fossili giuresi e di quelli con fossili paleozoici, senza per questo andar d'accordo sul modo di spiegare quest'anomalia.

» Suppongono gli uni che i vegetali dell'epoca carbonifera abbiano continuato a vivere nei paesi tropicali sin nell'epoca giurese e siano stati portati dalle correnti nel mare che copriva durante quest'epoca la regione ora occupata dalle Alpi; essi credono quindi più ai fossili

animali che ai vegetali e considerano tutto il terreno antracitifero come giurese. Gli altri invece danno maggior importanza ai fossili vegetali, e considerano il terreno antracitifero come appartenente all'epoca carbonifera. I primi credono trovare in questo terreno antracitifero la continuazione del terreno giurese del restante delle Alpi, mentre i secondi credono che si possa ammettere una indipendenza stratigrafica assoluta fra il terreno giurese normale e il terreno antracifero in discorso.

» Una terza schiera di geologi, osservando che i fossili vegetali si trovano soltanto negli strati arenacei aventi un complesso di caratteri proprii ai terreni carboniferi del restante dell'Europa, e che i fossili animali si trovano soltanto nelle rocce calcaree alternanti colle precedenti, ma distinte per caratteri proprii alle rocce giuresi delle altre parti delle Alpi, sostiene che quella alternanza è vera, ma non originaria. Essi dicono cioè che tutti gli strati erano una volta nella loro posizione naturale, ben distinti gli uni dagli altri, i più antichi sotto ai più recenti; che durante la formazione delle Alpi essi furono ripiegati e rotti in modo analogo a quello rappresentato dalla figura 92;

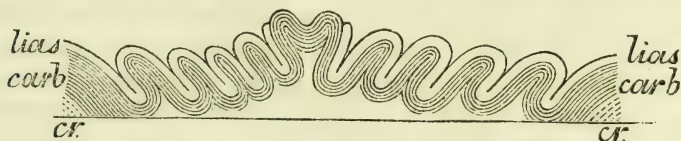



Fig. 92. (1).

e che successivamente, per effetto di corrosioni, di frane, ecc., furono ridotti come nella figura 93, per modo che i geologi, i quali non

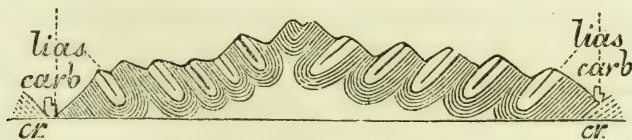



Fig. 93. (1).

possono vedere nell'interno delle montagne la vera disposizione degli strati, furono indotti a crederli disposti come nella figura 90 (pag. 377).

» A queste opinioni se ne deve aggiungere una quarta, secondo la quale il terreno antracitifero sarebbe in genere dell'epoca giurese,

(1) *lias*. Gruppo di strati calcarei giuresi.
*carb*. Gruppo di arenarie e di scisti dell'epoca carbonifera.
*cr*. Terreni cristallini.

ma la sua parte più inferiore, senza fossili e composta di steascisti, arenarie, quarziti, anageniti, ecc., si dovrebbe considerare come un rappresentante del terreno carbonifero, oppure dei terreni triasici, permiano e carbonifero insieme, e quindi del *verrucano* della Toscana e dei terreni più antichi di Corsica e Sardegna.

» Di queste quattro opinioni qual'è la vera?

» La scienza non ha ancora dati sufficienti per dare una risposta decisiva; dobbiamo quindi aspettare che nuove ricerche vengano a chiarire la cosa, ed ammettere intanto tutto il terreno antracitifero come rappresentante dei terreni giurese, triasico, permiano e carbonifero, presi tutti insieme in un solo gruppo. »

E queste nuove ricerche vennero dopo che io ebbi scritto questa conclusione nei *Cenni sullo stato geologico dell'Italia* (1).

Dirò soltanto delle principali, e brevemente.

Il professore Angelo Sismonda di Torino, l'uno dei più attivi perlustratori delle Alpi, annunciò nel 1857 d'aver trovato in un terreno molto recente (terziario inferiore), presso Taninge, fra il gruppo del Monte Bianco e Ginevra, delle piante fossili che, per l'aspetto loro, gli parvero identiche a quelle del terreno carbonifero.

Elía di Beaumont, annunciando questa scoperta all'Istituto di Francia, aggiunse quei fossili essere vere piante dell'epoca carbonifera, secondo il giudizio di Adolfo Brongniart, una delle migliori autorità in fatto di vegetali fossili; ed ammise anche come perfettamente esatte le osservazioni del Sismonda.

La conclusione di questi fatti era naturalmente per questi geologi, che *i vegetali dell'epoca carbonifera, nella regione ora occupata delle Alpi, continuarono a vivere fin nell'epoca terziaria; e quindi non vi possono avere alcun importanza come criterio paleontologico.*

Nello stesso anno gli stessi due geologi esaminarono il colle des Encombres, pel quale si passa da S. Giovanni di Moriana nella valle dell'Arco a Moutiers nella valle dell'Isére; vi raccolsero molti fossili animali caratteristici dell'epoca giurese, e alcuni vegetali dell'epoca carbonifera; videro dei massi calcarei giganteschi, caduti dall'alto dei monti, e zeppi di questi fossili; credettero trovare una completa connessione stratigrafica fra i depositi di Petit-Cœur, con vegetali dell'epoca carbonifera, e questi del colle des Eucombres, con animali dell'epoca giurese; e si confermarono quindi nella loro opinione di mettere tutti questi strati in un solo terreno, ad onta della diversità

(1) Milano, Vallardi, 1856.

dei fossili, e precisamente nel terreno giurese, a motivo della maggior importanza data ai fossili animali (1).

Alfonso Favre, professore a Ginevra, uno dei tre o quattro geologi svizzeri che hanno più percorso e meglio studiato le Alpi della Svizzera e dei paesi vicini, rispose subito alle osservazioni di Sismonda e di Elía di Beaumont, ed espose con molta chiarezza il suo modo di vedere e di considerare la quistione. Anch'egli ha veduto i fossili dell'epoca carbonifera a Taninge, negli strati con antracite, ma si è assicurato che questi strati sono *inferiori* al terreno giurese di quella località, e che il terreno terziario inferiore non si trova nè a Taninge, nè nelle montagne al nord di questo luogo, ma bensì al sud, e alla distanza di 5 o 6 chilometri. Ha trovato che un combustibile fossile esiste a Darbon, ma appartiene al terreno *giurese superiore.* Ha studiato il combustibile fossile di Arrache, e l'ha trovato realmente del terreno terziario inferiore, come quelli dei Diablerets e d'Entrevernes, ma privo affatto di vegetali fossili dell'epoca carbonifera. E conchiude che *nelle Alpi della Savoia v'hanno combustibili fossili di tre epoche diverse, terziaria, giurese e carbonifera; che evidentemente quelli delle prime due non sono accompagnati da fossili dell'epoca carbonifera; e che quindi non si può ammettere l'esistenza di questi vegetali antichissimi nè nell'epoca giurese, nè nell'epoca carbonifera.*

Quanto ai fossili del Colle des Encombres, anche Favre li trova importantissimi, ma non crede doversene trarre la conclusione ammessa da Sismonda ed Elía di Beaumont (2).

Più recentemente lo stesso Favre ritornò sullo stesso argomento in uno scritto *Sui terreni liasico e triasico della Savoia.*

Studiando con molta attenzione le Alpi al sud del lago di Ginevra egli ha trovato, che in tutte si possono distinguere, più o meno nettamente, in quel gruppo di strati che fu detto *terreno antracitifero,* tre parti, corrispondenti ai terreni giurese, triasico e carbonifero. Di queste tre parti, egli ne ha veduto due benissimo distinte e caratterizzate a Meillerie sulla sponda meridionale del lago di Ginevra, nelle gole per cui scorre la Dranga prima di sboccare nello stesso lago, nella montagna chiamata *le Grammont,* presso S. Gingolf sullo stesso lago, e nella montagna chiamata *le Môle* (sulla destra dell'Arve, fra Cluses e Bonneville presso Taninge); ed ha poi veduto sempre, e

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 26 ottobre e 7 dicembre 1857.

(2) *Bibliothéque de Genève,* 1857.

specialmente negli strati di Meillerie e del Môle, misti insieme molti fossili, che secondo la teoria di D'Orbigny apparterrebbero a piani ben distinti e non si dovrebbero quindi trovare mai insieme in un solo e medesimo strato. Ma questo fatto, che altre volte era tenuto per un'eccezione, si è ora osservato in tanti luoghi e da tante persone, anche favorevoli alla teoria del D'Orbigny, da doversi ormai ritenere come la regola generale.

Gli stessi due gruppi di strati, rappresentanti i due terreni giurese e triasico, il signor Favre li ha trovati, insieme col terzo gruppo, rappresentante il terreno carbonifero, a Matringe (piccolo villaggio del Fossignì, fra S. Jerire e Taninge), a Taninge, in molti luoghi fuori del Chiablese e del Fossignì e intorno ad essi, per esempio sui fianchi dell'Jungfrau in Isvizzera, in quelli del monte Buet (parallelo al monte Bianco, ma sulla riva destra dell'Arve), in altre parti della gran vallata di Chamounix, presso il famoso Petit-Cœur della Tarentasia, al colle del Encombres ecc.

In tutti questi luoghi il signor Favre ha trovato, fra i calcari con veri fossili del terreno giurese e gli scisti con arenarie e con fossili vegetali dell'epoca carbonifera, un insieme di *carniole* (ossia dolomie cavernose e colle cavità ripiene di dolomia in polvere e con aspetto di farina) e di *gessi*, il quale rappresenta il terreno triasico, contiene qualche volta dei fossili veramente caratteristici di questo terreno, ed è accompagnato da scisti rossi e verdi, da filladi lucenti, e da arenarie quarzose, che furono dette *arcosi*.

Lo spaccato rappresentato dalla figura 94 mostra la disposizione

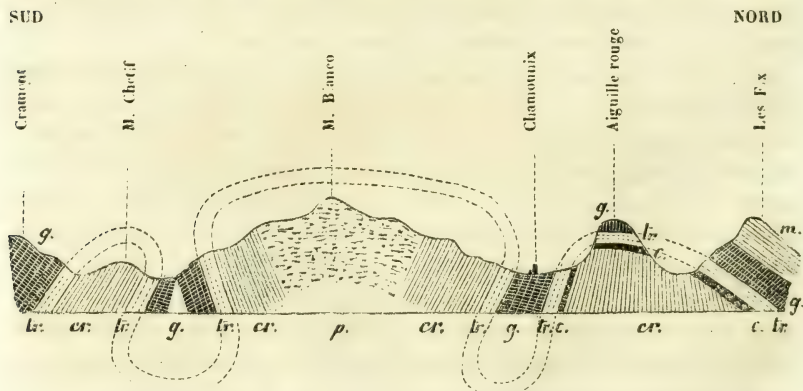



Fig. 94. *Spaccato del gruppo montuoso del Monte Bianco.* (Favre.) (1).

(1) *g.* Terreno giurese. *tr.* Terreno triasico. *cr.* Rocce cristalline. *p.* Protogino. *c.* Terreno carbonifero.

degli strati in quistione nel gruppo montuoso del monte Bianco, che è circondato da ogni parte da una zona di gessi, la quale passa per il colle della Forelaz presso Martigny nel Vallese, il colle del Bonhomme (fra la gran valle di Chamounix e la valle del Doron, confluente dell'Isère), il colle della Seigne (fra la stessa vallata di Chamounix e quella dell'Isère a Borgo S. Maurizio), i dintorni di Courmayeur nella parte più alta della valle d'Aosta, e la valle Ferret, che mette nella valle della Dora Baltea ad Aosta. Si vede come le rocce giuresi formano il monte Cramont, la valle tra il Chetif e il monte Bianco, la valle di Chamounix, la cima delle Aiguilles Rouges e la parte media del monte Les-Fiz, sotto le rocce più recenti; come il monte Chetif sia formato di rocce cristalline stratificate, e il monte Bianco di rocce cristalline stratificate e di rocce plutoniche (protogino); come le rocce triasiche si trovino fra queste rocce cristalline stratificate e le giuresi; e finalmente, per mezzo anche delle linee punteggiate, come gli strati siano in generale così contorti e ripiegati, da sembrare le rocce triasiche ora sotto ed ora sopra le rocce giuresi o quelle più antiche, e quale denudazione si sia operata per dare alla catena montuosa la sua forma attuale.

A Petit Cœur è oramai stabilito che v' hanno strati con fossili carboniferi fra altri strati contenenti fossili giuresi. Il signor

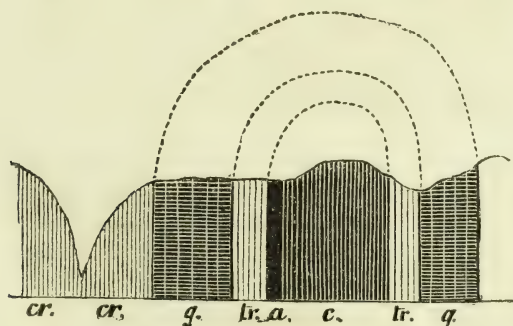



Fig. 95. *Spaccato teorico degli strati di Petit-Cœur* (Favre.) (1).

Favre, salendo dal villaggio di Petit-Cœur a Naves, ha rimarcato pel primo uno strato di carniola, collocato fra gli strati d'ardesie con fossili carboniferi e quelli calcarei con belemniti che vi sono sovrapposti. Fra le stesse ardesie con fossili carboniferi e le altre inferiori ad esse, che contengono altri belemniti, non s'è trovato finora alcuna

(1) *cr.* Rocce cristalline stratificate. — *g.* Terr. giurese. — *tr.* Terreno triasico. — *a.* Antracite. — *c.* Terreno carbonifero.

traccia di carniola, ma forse si potrà trovare in appresso. Allora sarà completamente spiegata l'esistenza a Petit-Coeur di un generale ripiegamento di strati, pel quale il gruppo di strati antracitiferi e con vegetali fossili si piegò sopra sè stesso, e rimase compreso fra i terreni più recenti, com'è indicato dalla figura teorica qui unita (fig. 95 ); e sarà pure dimostrata l'esistenza d'uno spostamento, pel quale gli strati cristallini stratificati sono riesciti a contatto delle rocce giuresi.

Questa idea del signor Favre è anche fondata su ciò che al vicino colle del Encombres si trovano molto sviluppate le arenarie del terreno carbonifero, contenenti vegetali fossili ben determinati e vene di antracite; ad esse fa seguito il terreno triasico, composto di calcare saccaroide, di carniole, di gesso, di scisto rosso e verde, e di arenaria quarzosa; e da questa si passa sul terreno giurese, ben distinto dai precedenti, perchè composto inferiormente da calcari con fossili ben determinabili, liassici, e superiormente da ardesie nere con scisti calcarei e da arenarie, che costituiscono le alte montagne circostanti, solcate da gole e valli di color nero.

Da tutto questo si può conchiudere che i lavori del signor Favre spargono molto lume sulla quistione del così detto *terreno antracitifero della Savoia;* che questo terreno *devesi dividere in tre parti, l'una giurese con fossili dell'epoca giurese, l'altra triasica, di carniole e gessi, talvolta con fossili dell'epoca triasica, la terza spettante al terreno carbonifero e con vegetali fossili dell'epoca corrispondente;* e che *nella Savoia v'hanno antraciti e altri combustibili fossili in tre terreni distinti,* cioè nel terreno terziario inferiore, nel terreno giurese e nel terreno carbonifero.

Agli stessi risultati generali sono giunti anche altri geologi, come Mortillet, Lory, ecc., ma non vanno totalmente d'accordo con Favre in alcuni particolari. Taluno, per esempio vuol vedere a Petit-Cœur un lembo di terreno giurese chiuso fra strati di terreno carbonifero e non un ripiegamento di terreno carbonifero nel giurese.

Nella Savoia il terreno carbonifero è dunque ben distinto per giacitura e per fossili dagli altri terreni; occupa lo stesso posto stratigrafico ed ha gli stessi vegetali fossili che in Toscana (dove forma il così detto *Verrucano*), nella Francia, in Sardegna, in Germania, ecc.

**103. Mari, continenti e laghi dell'epoca carbonifera.** — Le dislocazioni appartenenti al sistema montuoso dell'Harz hanno modificato le terre già emerse e ne hanno fatto emergere di nuove, in modo di limitare mari e laghi, nei quali, durante l'epoca carbonifera, si deposero i sedimenti e i combustibili dell'epoca carbonifera. Riuscirono allora assai probabilmente emerse tante terre da mettere in

asciutto buona parte della Francia, la Corsica e la Sardegna insieme unite, una parte della Germania, la penisola Scandinava, gran parte della Scozia, alcune porzioni dell'Irlanda, una zona dell'Inghilterra centrale ecc., ed esistettero mari, in cui si depose il calcare carbonifero con tutti i suoi fossili marini, in gran parte dell'Inghilterra, nel Belgio, nel nord della Francia, in Russia, nell'America del nord ecc. Ben definiti si riconoscono ora il bacino marittimo da Colonia ed Aquisgrana per Liegi fino ad Arras in Francia, e di là all'Inghilterra meridionale e all'Irlanda intorno a Bristol e Cortee, il bacino dell'Inghilterra da Derby ad Edimburgo, che forse si estendeva verso sud-est fin all'Annover, il gran bacino della Russia fra il mar Bianco, il mar d'Azof e la catena degli Urali, e quello ancora più grande, che occupa gran parte dell'America settentrionale. Assai ben definito è il braccio di mare a nord-ovest dei monti Hundsrück, nel quale si depose il carbon fossile del Belgio meridionale.

Bacini molto più ristretti, in genere lacustri, erano sparsi in gran numero pel continente francese, che aveva la forma di un triangolo irregolare, fra Saint-Maló, Cherbourg, Strasburgo, Lione, Perpignano, il Mediterraneo e i Pirenei orientali; altri erano sparsi qua e là nella Germania, uno ne esisteva nella parte nord-ovest della Corsica, ed un altro ancora nel sud-est della Sardegna. Forse ne esistettero molti altri, ma noi non li conosciamo, perchè nascosti sotto i mari, od a troppo grandi profondità sotto i terreni più recenti della terra ferma, come quello che si va lavorando a Whitehaven in Inghilterra, e si inoltra per un quarto di lega ed a più di 100 metri di profondità sotto il fondo del mare.

Lo schizzo tracciato già da varii anni dal signor Elía di Beaumont e qui riprodotto (fig. 96) rappresenta questi mari e laghi, essendo segnati con tratteggi molto oscuri le terre ferme, con tratteggi chiari i luoghi occupati dalle acque, e lasciati in bianco i luoghi di cui non si conosce lo stato a quell'epoca. Dietro quanto ho detto riguardo al terreno antracitifero delle Alpi ed al terreno carbonifero della Toscana si vede che bisogna modificare questo schizzo, levando al continente fra Bonifacio e Innsbruck la metà nord-est, per trasformarla nel mare in cui si depose il terreno antracitifero delle Alpi, e aggiungendo al suo luogo il bacino carbonifero della Toscana.

**104. Dislocazioni del terreno carbonifero.** — La parte inferiore del terreno carbonifero è in molti luoghi smossa dalla sua posizione senza essere accompagnata dalla parte superiore: fu quindi dislocata prima della formazione di questa parte superiore. Verso la

metà dell'epoca carbonifera avvennero dunque delle dislocazioni che cangiarono un poco i limiti dei continenti e dei mari, e diedero origine ai golfi, ai bassi fondi, ed alle spiaggie, nelle quali si accumularono i vegetali, che poi si trasformarono a poco a poco in car-

Fig. 96. *Mari e laghi del periodo carbonifero.*

bon fossile o in antracite. Queste dislocazioni sono dal signor Elía di Beaumont raccolte nel sistema montuoso detto *del Forez.*

Tutto il terreno carbonifero è invece dislocato in molte parti dell'Inghilterra, della Francia, del Marrocco, del nord della Russia, ecc,; e queste dislocazioni sono da Elía di Beaumont messe insieme nel *sistema del nord d'Inghilterra,* fra l'epoca carbonifera e la permiana.

Vedremo or ora che, indipendentemente da queste grandi dislocazioni, altri movimenti devono essere avvenuti nella crosta solida terrestre durante la formazione dei depositi di carbon fossile, ma lentissimi, e analoghi a quelli che attualmente si osservano nella penisola Scandinava, sulle coste Frrancesi, ecc.

**105. Come si è formato il carbon fossile.** — Quando si vogliono prendere in considerazioni i fatti, che possono condurci a conoscere il modo di formazione del carbon fossile, il primo che si presenta al pensiero è quello delle piante fossili e delle impronte di vegetali di cui sono così ricchi tanto gli strati che contengono il carbon fossile quanto questo stesso combustibile. Esso ci fa subito pensare che il carbon fossile si sia formato per mezzo dell' accumulamento straordinario e della successiva alterazione più o meno lenta di foglie, di radici ed anche di piante intere, appress'a poco come si accumulano e si alterano oggidì alle foci dei grandi fiumi e nelle torbiere.

Altro criterio per studiare l'origine del carbon fossile è dato dalle esperienze chimiche, colle quali si cercò di fare artificialmente quantità più o meno considerevoli di questo combustibile. Assoggettando ad un intenso calore e in vasi chiusi foglie, radici e pezzi di legno, queste materie si alterano alquanto; i gas e i vapori che nella ordinaria combustione formano la fiamma, e nella distillazione delle stesse materie forniscono ottimo gas per l'illuminazione, trovandosi in vasi chiusi, non si separano dal resto, e invece di carbone o di cocke si ottiene una materia nera, lucente, fragile, e assai simile al carbon fossile. Un analogo risultato si ottiene ponendo delle foglie, dei rami e delle radici in istrati alternanti con altri strati di argilla, chiudendo il tutto in un vaso ben sodo, e lasciando al tempo ed al calore ordinario del paese la cura della loro trasformazione in carbon fossile. Da ciò si deduce, che se nell'epoca carbonifera il calore generale della superficie terrestre sarà stato più forte, avrà facilitato la produzione del carbon fossile, ma che questo avrebbe potuto prodursi anche con climi eguali agli attuali, sotto l'azione continua di forze chimiche debolissime, durante una lunghissima serie di anni.

V'ha poi un terzo criterio che rischiara molto la quistione, ed è che gli straterelli di carbon fossile sono divisi da strati d'argilla e attraversati spesso da alberi ancora nella loro posizione verticale, così come alle foci di alcuni grandi fiumi i depositi di vegetali sono fra loro separati da depositi d'argilla, e attraversati da tronchi di alberi nella loro posizione naturale.

Esaminando minutamente il carbon fossile si trova zeppo di impronte di vegetali, specialmente sigillarie, lepidodendri e stigmarie; anzi talvolta appare formato completamente da queste ultime, altre volte è quasi esclusivamente formato di calamiti o di felci, ed altre volte, esaminato al microscopio, presenta la stessa struttura che il legno dei nostri alberi resinosi, pini, larici, ecc. Alberi più o meno intieri, ancora verticali o quasi, o meglio perpendicolari agli strati

che li contengono, furono trovati in molti luoghi, in Inghilterra, a Saint-Etiènne in Francia (fig. 122, pag. 254), nella Scozia, e perfino in America, nella nuova Scozia; nel qual ultimo paese anzi si sono osservati più di sessanta strati, ben distinti, e contenenti piante ad essi perpendicolari, ossia nella stessa posizione in cui sono cresciute.

In questo stesso paese si vedono anche intercalati ai banchi d'argilla e di carbon fossile altri strati, che contengono conchiglie marine o d'acqua salmastra, il che prova che quel luogo, ove si depose a più riprese il carbon fossile, ora fu terra ferma ed ora fu occupato dal mare, a guisa d'una bassa spiaggia ricca di vegetazione, la quale di tanto in tanto si abbassasse di poco per riescire sotto al livello del mare, e poi, pel successivo deporsi di nuovi sedimenti fluviali, ritornasse gradatamente terra ferma o almeno palude occupata dall'acqua dolce, e capace di portare di nuovo una ricca vegetazione. A confermarci maggiormente in questa opinione viene il fatto della scoperta di certe impronte conservatesi su quegli strati di argilla, affatto simili a quelle che in oggi sono prodotte dalle goccie di pioggia sulle spiaggie formate di fango assai molle.

La natura delle piante fossili, gli strati di argilla intercalati, le impronte lasciate dalle goccie di pioggia, e gli alberi verticali ci fanno dunque credere che i depositi di carbon fossile si siano formati coll'accumularsi di sostanze vegetali in ampie paludi alle foci di grossi fiumi, col successivo abbassarsi di queste paludi ed essere così ricoperte da nuovi depositi, e finalmente coll'alterarsi di tutte quelle sostanze vegetali, compresse fra gli strati terrosi, durante le lunghissime epoche che scorsero d'allora fino all'epoca attuale.

Cosa troviamo infatti nelle paludi e nei delta dei più gran fiumi attuali? Sulle rive una infinità di canne e di piante erbacee, che formano una vegetazione così lussureggiante, che le acque del fiume, passando attraverso ad essa, si filtrano, per così dire, e depongono tutte le materie terrose che contengono, prima di giungere nella regione inondata, dove esse riescono limpidissime, e si accumulano enormi quantità di materie vegetali, pel continuo crescere, morire e riprodursi di infinite piante, che trasformano quella bassa spiaggia tra il fiume e il mare in una vera foresta vergine. Le materie vegetali così accumulate riescono in tal modo esenti da ogni impurità terrosa, così come le migliori qualità di carbon fossile. Nelle paludi con cui termina il Mississipì e nelle quali cresce in grandissima quantità una specie di cipresso, si vedono ben distintamente tutti questi fatti; e quando il calore atmosferico cresce al punto, che quelle paludi si asciugano, e il fuoco distrugge tutte

le piante, diventano visibili gli strati d'argilla del fondo, così zeppi di radici di cipressi, come sono zeppi di stigmarie gli strati d'argilla sottoposti a certi banchi di carbon fossile.

Calcolando lo spessore e l'estensione del bacino carbonifero della Nuova Scozia, si trova che dev'esser formato da 80,000 chilometri cubi di materie solide; paragonando poi questo volume colle quantità di materie solide portate al mare da varii fiumi, si trova, che il Mississipì metterebbe più di due milioni d'anni per accumulare nel Golfo del Messico una eguale quantità di materie sedimentarie, supposto vero che porti al mare attualmente 1128 millioni di metri cubi di fango all'anno; e che il Gange vi impiegherebbe soltanto 375,000 anni.

Se ora consideriamo che il carbon fossile della Nuova Scozia deve essersi prodotto in circostanze analoghe a quelle ora citate, cioè nelle basse acque d'una palude; che lo spessore totale del bacino che lo contiene è di circa quattro chilometri; che dal momento in cui cominciarono a formarsi quei depositi fino alla fine il suolo deve essersi quindi abbassato gradatamente, in modo da conservar sempre una palude per l'accumulazione delle materie vegetali; e che per conseguenza l'abbassamento totale dev'esser stato di quattro chilometri; e se supponiamo che quei depositi si siano fatti in circostanze analoghe a quelle che ora regnano alle bocche del Gange; possiamo dividere quell'abbassamento totale di 4 chilometri per i 375,000 anni necessarii alla produzione dell'intero bacino, ed otterremo, per l'abbassamento del suolo in ciascun secolo, la piccolissima cifra di un metro e venti centimetri. Supponendo invece che si sia prodotto in due milioni d'anni, si avrebbe l'abbassamento di 15 centimetri per secolo. E sì nell'una come nell'altra supposizione, si troverebbe un movimento del suolo minore di quelli che realmente avvengono nella penisola Scandinava e in altri paesi, senza che menomamente se ne accorgano gli abitanti, anzi senza che si possano scoprire e misurare, se non con osservazioni esatte e molto distanti fra loro.

Il delta del Gange presenta sotto un certo riguardo una grande analogia coi bacini carboniferi. Per mezzo di profondi scavi si è trovato che a varie profondità, fino a più di 90 metri sotto il livello del mare, ha varii strati di argilla e intercalati fra i depositi di sostanze vegetali; che in questi strati d'argilla sono impiantati per le radici, e ne sporgono verticalmente attraverso gli strati sovrastanti molti alberi più o meno completi; che insomma anch'esso è andato e forse va ancora gradatamente abbassandosi, in modo che hanno potuto e possono tuttora depositarsi sempre nello stesso luogo

nuovi strati, in parte fluviali in parte marini, precisamente come si trova esser avvenuto nei golfi e nei seni di mare dell'antichissima epoca carbonifera.

**106. I climi dell'epoca carbonifera.** — Vedendo che in tutti i paesi con carbon fossile si trovano sempre gli stessi tipi generici di piante fossili, e che questi somigliano in gran parte a quelli abitanti nei climi più caldi dell'epoca attuale, i geologi ne hanno dedotto a tutta prima che *durante l'epoca carbonifera tutta la terra ha avuto uno stesso clima, eguale o analogo a quello della zona torrida attuale*. Più tardi però quelle piante furono meglio studiate, e con esse anche gli animali appartenenti alla stess'epoca. Alcune di quelle piante, come le felci arboree e le conifere, hanno le loro analoghe viventi anche fuori della zona torrida, fin nella Nuova Zelanda; tutte le altre sono di generi affatto diversi dai viventi; e gli animali hanno i loro rappresentanti attuali anche nelle zone temperate. Il predominio delle felci e dei licopodii in un paese indica meno un intenso calore che un clima umido, una temperatura costante e la mancanza di geli nell'inverno; indica un clima analogo a quello di molte isole marittime e ricche di paludi, sparse sì nella zona torrida come nelle temperate. (1) Comunque sia, non può negarsi la singolare uniformità dei climi nell'epoca carbonifera; ci resta il cercare il miglior modo di spiegarla, ossia di immaginarne le cause.

Per questo, vi fu chi immaginò una diversa posizione dell'equatore e dei poli, oppure il passaggio del globo terrestre per una regione celeste meno fredda di quella in cui ora si trova, od altre ipotesi altrettanto difficili a sostenersi con buoni argomenti. Ora i migliori autori trovano nell'ipotesi di Laplace sull'antico stato della terra e nel calore interno attuale della terra stessa la base della spiegazione cercata, ed ecco in qual modo.

La terra, dicono essi, fu in origine caldissima e andò mano mano raffreddandosi; giunta che fu ad un certo grado di raffreddamento, e acquistato che ebbe la crosta solida un sufficiente spessore, cominciò l'acqua a deporsi, a corrodere le rocce, ed a formare i sedimenti, e più tardi cominciarono a comparire sulla terra gli esseri viventi, e così ebbe principio l'epoca paleozoica.

Nell'epoca carbonifera la terra si trovò così raffreddata, ma tuttavia ancora così calda, che, partendo dalla superficie del suolo, ad ogni aumento in profondità di un metro corrispondeva l'aumento di 1°,

(1) Lyell, *Manual of Geology,* vol. I.

6 C. nel calore interno, la crosta solida non aveva che lo spessore di 1000 a 2000 metri, e la temperatura media della superficie terrestre sotto l'equatore non era che di 1°, 597 C. superiore alla media attuale in quegli stessi luoghi. Il sole mandava allora alla terra tanto calore quanto oggidì, e tendeva a distinguere come in oggi le diverse zone e i loro diversi climi, dall'equatoriale ai polari; ma il calore interno, propagandosi per la crosta molto più sottile e più calda che attualmente, agiva sulla temperatura superficiale molto più che nell'epoca attuale, e mentre in oggi il calore interno basterebbe appena a liquefare in un anno uno strato di ghiaccio alto sei millimetri che involgesse tutto il globo, era in allora capace di liquefarne uno strato grosso circa trenta centimetri.

L'acqua del mare era poi maggiormente riscaldata che la superficie dei continenti, perchè il fondo del mare era più vicino alle parti più calde del globo; ed essendo anche molto più estesa in superficie che nell'epoca attuale, influiva molto più che in oggi a rendere uniforme la temperatura dei continenti. Per avere un'idea del quanto possa fare l'acqua sotto questo riguardo, basta considerare che la così detta *corrente del golfo* (pag. 142), dirigendosi attraverso l'Atlantico, dal golfo del Messico verso l'Europa, e scorrendo lungo questa parte, fa sì che le coste europee sono generalmente molto più calde o meno fredde che quelle dell'America settentrionale poste ad eguale distanza dall'equatore.

I vapori prodotti in maggiore quantità dal mare, appunto per la sua più elevata temperatura, rendevano più calda, più umida e più densa l'atmosfera; spargendosi in ogni luogo per mezzo dei venti, concorrevano anch'essi a rendere più uniformi i climi; ed accumulandosi in nebbie e nubi nelle alte regioni e intorno ai poli, rallentavano l'irradiamento del calore terrestre, e con ciò favorivano ancora la conservazione di quei climi caldi ed uniformi durante la lunghissima, sterminata serie di secoli, pei quali durò la produzione di tutti i depositi di carbon fossile.

In tal modo, con un tenuissimo aumento nella temperatura media della superficie terrestre sotto l'equatore, con uno spessore molto più piccolo della crosta terrestre, con mari molto più estesi e in altro modo disposti, e con isole e continenti molto meno grandi ed elevati sul livello del mare, che nell'epoca attuale, ecco prodotti quei climi quasi uniformi ed umidissimi, che favorirono quella vegetazione straordinariamente ricca dell'epoca del carbon fossile. (1)

(1) Vogt, *Lehrbuch der Geologie.*

**107. Composizione dell'atmosfera durante l'epoca carbonifera.** — Ma assai probabilmente l'atmosfera non era soltanto più umida e più calda che in oggi: era anche più ricca di gas acido carbonico.

Tutti sanno che l'aria atmosferica consta di una miscela di molto azoto (gas contrario alla respirazione e alla combustione), di una minore quantità di ossigeno (gas, senza del quale non v'ha nè combustione, nè respirazione), di pochissimo acido carbonico (gas prodotto dalla combustione del carbone, dalla respirazione dell'uomo e degli altri animali, dalla putrefazione dei corpi animali e vegetali, ecc.), e di quantità piccole e variabili di vapore acqueo.

I botanici dimostrano che le piante, per vivere e crescere, assorbono l'acido carbonico dell'atmosfera, lo scompongono in ossigeno e carbonio, si appropriano quest'ultimo (che poi si trova formare da solo il carbone ottenuto dalle piante), e restituiscono all'aria quasi tutto l'ossigeno. Gli animali fanno il contrario: respirando, assorbono e tengono per sè l'ossigeno dell'aria o quello disciolto nell'acqua, e mandano fuori acido carbonico. Or bene, pare, che nell'epoca attuale la produzione d'acido carbonico, per opera degli animali e dei corpi che ardono e si putrefanno, faccia equilibrio alla distruzione che ne fanno continuamente le piante, e che la quantità d'acido carbonico contenuta nell'atmosfera rimanga sempre appress'a poco la stessa.

Nell'epoca carbonifera invece, dicono alcuni geologi, e, a quanto pare, lo dicono con ragione, essendo stata così abbondante e lussureggiante la vegetazione, deve l'atmosfera esser stata molto più ricca d'acido carbonico che nell'epoca attuale, a fine di poter dare il necessario nutrimento a tutte quelle piante. Sembra poi, che questo gas sia provenuto in gran parte dalle numerose rocce vulcaniche sorte in quell'epoca attraverso i sedimenti, così come si vede escire attualmente in gran quantità da molte fessure del suolo in luoghi ove altre volte esistettero vulcani, come per esempio lungo le rive del Reno fra Magonza e Colonia, in un gran cratere di Giava, ecc.

Ad ogni modo, a questa opinione non fa alcun ostacolo l'esistenza degli animali che si trovano fossili in gran numero nello stesso terreno carbonifero, poichè non si suppone da alcun geologo che l'acido carbonico sia stato così abbondante da essere un ostacolo alla vita degli animali, e d'altra parte v'hanno anche in oggi molti molluschi, rettili ed altri animali, analoghi a quelli dell'epoca carbonifera, che possono vivere in un'aria così carica d'acido carbonico, da riescire mortale all'uomo ed agli altri animali di più sensibile organizzazione.

**108. Rocce plutoniche e vulcaniche dell'epoca carbonifera.** — Abbiamo veduto nella descrizione dei bacini carboniferi che in molti d'essi, anzi in quasi tutti, le rocce furono stranamente rotte e dislocate, e in alcuni anche attraversate da rocce basaltiche o trappiche, analoghe a certe lave compatte dei vulcani attuali; ora aggiungerò che in quell'epoca emersero anche veri graniti, specialmente nel Devonshire e nella Cornovaglia.

*Terreno permiano.*

**109. Terreno permiano, peneano o poicolitico** (Parte inferiore della *nuova arenaria rossa, new red sandstone*, degli Inglesi.) — Questo terreno, dei diversi nomi del quale vedremo più avanti le origini, è il più recente dei paleozoici, si estende per gran parte dell'Europa settentrionale e centrale, e si ritrova anche nella meridionale, ma assai meno sviluppato, ed anche nell'America settentrionale. Vediamo come sia composto in questi diversi paesi.

**110. Tipo germanico.** — Immediatamente sopra il terreno carbonifero, e il più delle volte in concordante stratificazione, giacciono dei banchi di *arenaria rossa*, affatto privi di fossili, ed anche di minerali metalliferi, per cui, in considerazione del loro trovarsi sotto a scisti metalliferi, i Tedeschi ne formarono il gruppo della *Rothe-todte-liegende*, che vuol dire *strato sottogiacente, rosso e morto* (ossia *povero*), oppure soltanto del *Rothe-liecende*, che vuol dire *strato rosso inferiore*. Lo spessore di questo gruppo varia molto, trovandosi talvolta perfino di 800 metri, ed altre volte ridotto a pochi piedi di argilla rossa.

Sopra l'arenaria rossa giace un'altra arenaria, biancastra, che nel paese di Mansfeld fu detta *Weissliegende*, ossia strato inferiore e bianco; ha lo spessore di 20 metri al più, ma in molti luoghi manca affatto.

Sull'arenaria biancastra o immediatamente sull'arenaria rossa si stende un gruppo non più grosso di due o tre metri, formato da scisti argillosi, neri, bituminosi, zeppi di impronte e avanzi di pesci contorti in mille guise di rettili, e con minerali di rame, che si estraggono e lavorano con molto profitto. I Tedeschi chiamarono perciò questo gruppo *Kupferschiefer*, ossia *scisti cupriferi*.

Sopra gli scisti cupriferi stanno poche marne, e poi una serie di strati calcarei bituminosi, della potenza di 20 e più metri, che formano il gruppo dello *Zechstein*, così chiamato perchè serve a far calcina.

Questi calcarei portano spesso delle dolomie sparse di piccole cavità ora vuote ed ore piene di polvere dolomica, che hanno lo spessore vario da 10 a 15 metri, e formano il gruppo della *Rauchwacke*, ossia roccia cavernosa e odorosa. Si è osservato che lo spessore degli strati è maggiore là dove sono più frequenti e grandi le cavità sparse nella roccia, il che sembra provare che lo sviluppo di gas abbia prodotto queste cavità e in conseguenza aumentato il volume totale della roccia, appress'a poco come succede del pane mentre cuoce nel forno.

La dolomia cavernosa porta altri strati, che terminano il terreno superiormente ed hanno un piccolo spessore ed una esistenza non costante. Tali sono una calcarea terrosa e coll' aspetto di cenere, per cui fu detta dai Tedeschi *Asche*, ed una calcarea compatta bituminosa e fetente, che fu perciò detta *Stinkstein*.

Le parti del terreno permiano in Germania sono dunque, dall'alto al basso le seguenti:

*Stinkstein*, calcare fetente.
*Asche*, cenere calcarea.
*Rauchwacke*, dolomia cavernosa.
*Zechstein*, pietra da calce.
*Kupferschiefer*, scisti cupriferi.
*Weissliegende*, arenaria biancastra.
*Rotheliegende*, arenaria rossa.

La *Rotheliegende* e lo *Zechstein* sono le due parti principali.

Benchè così complesso, questo terreno non occupa molta parte della superficie del suolo germanico. Questo dipende dall'essere disposto a bacini, sempre compreso fra i terreni più antichi (carboniferi) e i più recenti (triasici), che si estendono maggiormente alla superficie del suolo, così che gli affioramenti del terreno permiano formano soltanto delle ristrettissime zone fra quei terreni che lo comprendono. Tali affioramenti si vedono intorno all'Harz, all'Erzgebirge, al Thuringerwald, al Riesengebirge, al Böhmerwald, ecc.

Queste rocce permiane contengono anche vegetali fossili, ed almeno sessanta specie se ne sono trovate nella Sassonia, e sono calamiti, felci, licopoditi, lepidodendri, ed anche piante affini alle araucarie ed alle cicadee ora viventi, per il che la flora permiana si avvicina molto a

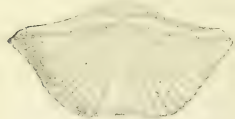
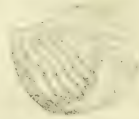
Fig. 97.

*Spirifer undulatus.*

Fig. 98.

*Productus aculeatus.*

Fig. 99.

*Productus calc...*

quella dell'epoca carbonifera, e, come vedremo fra poco, differisce alquanto da quella dell'epoca triasica.

Le figure 97, 98 e 99 rappresentano alcuni degli animali fossili più comuni nelle rocce calcaree permiane.

**111. In Inghilterra** il terreno carbonifero è coperto da una arenaria rossa ad elementi or più or meno grossi, e con banchi di argille e di minerale di ferro, che fu detta *nuova arenaria rossa inferiore (lower-new-red-sandstone)* per distinguerla dall'*antica arenaria rossa,* che è devonica, e dalla parte superiore della *nuova arenaria rossa,* che è triasica.

Sopra quest' arenaria v'hanno degli scisti marnosi e argillosi, spesso nerastri, e con impronte di pesci.

Questi scisti portano poi una serie di rocce calcaree, per lo più magnesiache, ora compatte, ora terrose, ora cavernose, e con gessi, che formano il gruppo chiamato dagli Inglesi *magnesian limestone,* ossia *calcare magnesiaco.*

Quando non erano stati per anco bene studiati i terreni in Germania e in Inghilterra, in quest' ultimo paese si distingueva come un gruppo unico l'insieme di molti strati, superiori al terreno carbonifero, e fra i quali predominano delle arenarie rosse, e perciò gli era stato dato il nome di gruppo della *nuova arenaria rossa,* per distinguerlo da una arenaria rossa più antica, devonica; ora questo gruppo è stato diviso in due parti, la superiore triasica, l'inferiore permiana.

Il terreno permiano inglese così distinto ha quasi la stessa composizione che in Germania.

Il signor King distingue nel terreno permiano d'Inghilterra le seguenti parti dall'alto al basso, e le paragona alle parti dello stesso terreno in Turingia nel seguente modo:

| *Nord d' Inghilterra.* | *Turingia.* |
|---|---|
| 1. Calcare cristallino o concrezionato. | 1. Stinkstein. |
| 2. Calcare brecciato. | 2. Rauchwache. |
| 3. Calcare fossilifero. | 3. Dolomit, o Zechstein superiore. |
| 4. Calcare compatto. | 4. Zechstein inferiore. |
| 5. Scisti marnosi. | 5. Kupferschiefer. |
| 6. Arenaria di varii colori. | 6. Rotheliegende. |

Tutte queste parti contengono fossili, ma specialmente la terza, che contiene moltissimi briozoarii assai delicati.

In Inghilterra, come in Germania, si è osservato che i pesci del

terreno permiano (e specialmente degli scisti che vi appartengono) e dei terreni più antichi, ossia in generale dei terreni paleozoici, sono tutti o quasi tutti *eterocerchi*, vale a dire colla metà superiore della pinna caudale molto più lunga dell'inferiore, e colla spina dorsale o colonna vertebrale prolungata fin all'estremità di questa metà superiore della coda, come nei pesci-cani e in pochi altri pesci ora viventi; mentre nei terreni secondarii, terziarii e quaternarii, come nell'epoca attuale, la maggior parte, anzi la quasi totalità dei pesci è *omocerca*, vale a dire ha i due lobi della coda egualmente lunghi e la colonna vertebrale terminata al principio della pinna caudale.

Sotto all'arenaria rossa permiana e sopra il terreno carbonifero dei dintorni di Bristol si trova un conglomerato formato di frammenti di rocce più antiche, uniti insieme da un cemento dolomico; questo conglomerato riesce importante perchè contiene delle ossa fratturate e dei denti di rettili saurii, cioè dello stesso ordine a cui appartengono le lucertole e i coccodrilli. Questi erano i più antichi rettili conosciuti, quando non si sapeva ancora l'esistenza dell'*Archegosaurus* nel terreno carbonifero.

Altri rettili analoghi sono stati trovati anche in Russia e in Germania, e specialmente uno in Turingia, affine ai viventi monitori, e il quale prova dunque che le specie dei rettili non sono tanto più perfette o più complicate quanto più sono recenti, giacchè nei terreni antichi si trovano animali fossili affini a quelli ora viventi.

**112. In Francia.** — Anche in Francia, nei monti Vogesi, sotto al vero terreno triasico si trova un'arenaria rossa, che fu detta *arenaria vogese (grés vosgien)*, e che forse appartiene al terreno permiano; ma vi manca o almeno non vi è abbastanza bene sviluppato la parte calcarea del terreno permiano, equivalente allo *Zechstein* della Germania ed al *Calcare magnesiaco* dell'Inghilterra. Non tutti i geologi però mettono l'arenaria vogese nel terreno permiano; alcuni anzi, come Beudant, ne fanno un terreno a parte, ed allora dicono che il terreno permiano manca totalmente in Francia; altri invece hanno recentemente dimostrato l'esistenza del terreno permiano in molte parti della Francia.

**113. In Italia.** — Vedremo più avanti, a proposito del terreno triasico perchè non ammettiamo in modo ben certo l'esistenza del terreno permiano in tutto il continente italiano e nelle sue isole.

**114. In Russia** il terreno permiano occupa una superficie grandissima, formando coi suoi strati ancora in posizione orizzontale il suolo per migliaia di miglia quadrate. Contiene, come altrove, minerali di rame, gesso, dolomie, arenarie; ma si distingue special-

mente per esservi penuria di conglomerati, di arenarie, e molto sviluppate invece le rocce calcaree. Tutto il suolo fra la zona carbonifera degli Urali e la zona egualmente carbonifera del centro della Russia, ch'è quanto dire un immenso quadrilatero che si stènde dagli Urali fin quasi al mar Bianco ed a Mosca, è formato da questo terreno permiano. L'inglese Murchison, che ha specielmente studiato questo paese, afferma che nei dintorni di Perm il terreno è così bene sviluppato, da poter servire di tipo per tutti gli altri paesi, e perciò egli ha dato a questo terreno il nome di *permiano*; altri però non sono di questo parere, e sostengono che i tipi si devono cercare nella Germania e in Inghilterra, paesi molto più conosciuti e molto più facili ad essere visitati e studiati.

**115. Continenti, mari e animali dell'epoca permiana.** — In conseguenza delle dislocazioni corrispondenti al sistema montuoso del nord d'Inghilterra emersero dal mare e quindi non ricevettero i sedimenti permiani molte parti della Gran Brettagna, molte della Francia, la regione delle Alpi, e tutta quanta la regione ora occupata dall'Italia, in cui non si è finora trovata in modo ben certo alcuna traccia del terreno in discorso; si estese invece il mare ampiamente nella Germania e nella Russia, in modo di coprire di sedimenti marini ben definiti tutti quanti i depositi di vegetali, che si trasformarono poscia a poco a poco in depositi di carbon fossile.

Pesci eterocerchi, polipai briozoarii, molluschi cefalopodi, brachiopodi e gasteropodi popolarono quei mari, mentre le terre erano percorse da rettili saurii, di cui troviamo gli avanzi, e da chi sa quanti altri animali, dei quali non possiamo e forse non potremo mai conoscere la passata esistenza, per la mancanza di loro tracce od avanzi nei sedimenti quasi esclusivamente marini dell'epoca permiana.

**116. Dislocazioni fra l'epoca permiana e l'epoca triasica.** — Verso la fine dell'epoca permiana e sul principiare dell'epoca triasica avvennero almeno due serie di dislocazioni, l'una corrispondente al *sistema dei paesi Bassi* o *dell'Hainaut*, l'altra corrispondente al *Sistema del Reno*.

Quelli che tengono l'arenaria vogese come un terreno a parte mettono il sistema dei Paesi Bassi fra il terreno permiano e il vogese, e il sistema del Reno fra il terreno vogese e il triasico. Gli altri credono invece che il solo sistema dei Paesi Bassi separi l'epoca permiana dalla triasica, e che il sistema del Reno stia fra il terreno triasico inferiore e il superiore.

Comunque sia di questi sistemi e della loro età relativa, devono

essere avvenute delle dislocazioni potenti, specialmente nella regione italiana e alpina, per mandare sott'acqua tutti i luoghi dove si depositarono i terreni triasici; e il fatto stesso delle discordanze frequentissime fra le opinioni dei geologi più distinti in quanto all' età relativa dei sistemi montuosi, ci deve far molto dubitare della esattezza dei loro studii e delle loro osservazioni intorno a questo argomento.

## EPOCA SECONDARIA.

**117.** I terreni della seconda epoca dell' esistenza della vita sulla terra, che furono perciò detti *terreni secondarii*, od anche *terreni ammonici* a motivo di certi fossili particolari, le *ammoniti*, che li caratterizzano, sono i tre seguenti, cominciando dal più moderno:

1.° *Cretaceo*, così detto dal contenere come parte principale in Francia quella particolare specie di roccia calcarea che è chiamata *craie* dai Francesi;

2.° *Giurese*, bene sviluppato e caratterizzato specialmente nei monti del Giura, tra la Francia e la Svizzera;

3.° *Triasico*, o semplicemente *trias*, così chiamato perchè composto di tre parti principali in Germania, dove è meglio sviluppato.

Mediante lo studio dei fossili e della stratificazione i geologi li hanno suddivisi, specialmente in Francia e in Inghilterra, in molte parti, più o men bene caratterizzate, e più o meno riconoscibili negli altri paesi, ma tuttavia importanti, almeno in quei luoghi tipici.

### *Terreno triasico.*

**118. Tipo germanico**. — Le tre parti componenti il terreno triasico in Germania sono ben note già da molto tempo, dopo la pubblicazione di un' apposita descrizione d' esso terreno nella Germania del sud-ovest e nel Würteberg. Sono chiamate dai tedeschi: *Bunter Sandstein, Muschelkalk* e *Keuper*.

Il *Bunter Sandstein* è, come l' indica il suo stesso nome, un' arenaria variegata, ossia un'arenaria a varii colori, e fra questi si distinguono specialmente il rosso d'amaranto e il verde, disposti quasi sempre a zone senza limiti definiti.

Comincia inferiormente il terreno triasico con questa arenaria variegata, giacente sul terreno permiano, e così buona come pietra da taglio, che viene adoperata in quasi tutte le costruzioni lungo il

Reno da Basilea a Colonia e in molti altri luoghi, e di questa roccia sono specialmrente formate le celebri cattedrali di Strasburgo, di Basilea, di Friburgo, di Spira, ecc. Superiormente si fa argilloso, prende il nome di *Schieferletten*, e contiene spato pesante e tracce di sal gemma e di gesso. La potenza totale della parte inferiore del trias varia assai, da 300 o 500 metri fino ad alcuni piedi soltanto.

Questa parte è generalmente disposta a bacini, così che vi sono deposte sopra le altre parti concentricamente, e chi va dal centro verso la circonferenza d'ogni bacino passa successivamente sugli affioramenti degli strati sempre più antichi. È poverissima in fossili, e soltanto in alcuni luoghi, come a Salzbad presso Strasburgo ed a Domptail nei Monti Vogesi si trovano avanzi ben riconoscibili di conchiglie, d'acqua dolce, di rettili e di piante.

Il gruppo del ***Muschelkalk***, così chiamato dalla gran quantità di conchiglie fossili che contiene e dall'essere in generale formato di rocce calcaree, forma la parte di mezzo del trias, sovrapposta alla precedente, e si divide in varie parti minori, di qualche importanza. Tali sono:

1.° Il gruppo del *Wellenkalk*, composto di argille grigie e nerastre, di calcaree scistose, di marne dolomitiche, in istrati ondulati;

2.° Il *gruppo salino* o *del salgemma* (*Salzgestein*), formato di argille, calcaree cellulose, dolomie cavernose, gessi, anidriti, calcaree fetide, e depositi di salgemma, spesso meritevoli di scavo. Le calcaree cellulose e le dolomie cavernose sono spesso formate da lamelle spatiche dirette in più sensi, in modo di lasciare fra loro dei vuoti, i quali sono pieni di dolomia polverulenta e coll' aspetto di cenere;

3.° Il *Trokitenkalk* o *Muschelkalk* propriamente detto, formato da calcaree stratificate regolarmente e zeppe di conchiglie e di articoli o frammenti di crinoidi. A questo gruppo appartiene il calcare oolitico di Friedrichshall.

In alcuni luoghi, per esempio a Kreilsheim, il *Muschelkalk* termina superiormente con una breccia zeppa di coproliti e di ossa e denti di pesci e rettili, ricoperta nella Svevia da una dolomia che vi riceve volgarmente il nome di *Nagelfels* e di *Malbstein*.

La potenza totale del *Muschelkalk* va fino a 400 metri.

Nel *Keuper* predominano le marne, ed hanno colori svariatissimi, tra i quali però sono più frequenti il rosso e il verde. Si rompono spesso in frammenti romboidali. Questo gruppo consta di varie parti che sono:

1.° Il *Lettenkohle*, gruppo di scisti neri e arenarie grigie eguali per

l'aspetto a quelle del terreno carbonifero, e con depositi di carbon fossile impuro per la troppa materia terrosa che contiene, e con impronte molto numerose di piante, o con coproliti, denti e ossa di rettili e pesci;

2.° Il vero *Keuper*, formato inferiormente da gessi, da marne, da un banco dolomitico assai ben riconoscibile, e da una breccia con

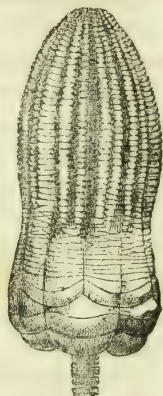



Fig. 100. *Ammonites nodosus.*

Fig. 101. *Avicula socialis.* Fig. 102. *Possidonia minuta.* Fig. 103. *Encrinites moniliformis*

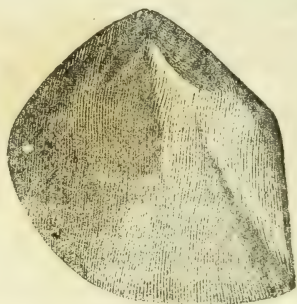



Fig. 104. *Trigonia vulgaris.*

coproliti ed ossa di rettili e pesci; nella parte di mezzo da marne variegate e da depositi di gesso; e nella parte superiore da arenarie con impronte di piante (*Schilfsandstein*), con cattivo combustibile fossile, e con banchi di un'arenaria a vene di diversi minerali, che si adopera ad ornare le camere (*Stuben*) e fu perciò detta *Stubensandstein;*

3.° Un'altra breccia con coproliti ed ossa di rettili e pesci, che da molti geologi si ritenne dapprima dell' epoca giurese.

Il terreno triasico germanico risulta dunque formato dall'alto al basso, nel modo seguente:

1. *Keuper.*
   1. *Sandsteinbreccie* o *Grenzbreccie*, breccia con coproliti ed ossa;
   2. *Stubensandstein*, arenaria venata;
   3. *Schilfsandstein*, arenaria con vegetali fossili;
   4. *Knochenbreccie*, breccia con coproliti ed ossa;
   5. *Dolomite*, banco dolomitico;
   6. *Gypsmergel*, marne con gesso;
   7. *Lettenkohle*, arenaria con combustibile fossile piante fossili, coproliti ed ossa;
2. *Muschelkalk.*
   8. *Nagelfels*, dolomia di Svevia;
   9. Breccia con coproliti e fossili;
   10. *Trochitenkalk*, calcare con encriniti e conchiglie;
   11. *Salzgestein*, dolomie cavernose, gessi, anidriti, salgemma;
   12. *Wellenkalk*, calcaree con pochi fossili;
3. *Bunter Sandstein.*
   13. *Schieferletten*, argille;
   14. *Buntersandstein*, arenaria variegata.

Vediamo ora come sia distribuito tutto il terreno triasico in Germania.

La valle del Reno da Basilea a Francoforte, il limite orientale dei terreni paleozoici e di qualche terreno più recente da Francoforte fino a Minden, una linea che da questa città si dirige verso sud-est fino ad Altenburg (fra Weimar e Dresda) e Zwichau (dove ritrovansi i terreni paleozoici), ed un'altra linea, un po' ondulata, che va da Altenburg a Basilea, passando per Gotha, Bayreuth, Bamberg, Nurenberg e Stuttgart, racchiudono fra loro un gran triangolo, il cui suolo è quasi totalmente formato dal terreno triasico. Basilea, Stuttgart, Würzburg, Bamberg, Fulda, Kassel, Erfurt, Weimar, Göttingen, ecc., sono quindi costruite su questo terreno; e di questo terreno sono formati i monti della Selva nera (Schwarzwald), dell'Odenwald, Spessart, Vogelsberg, Egge, Teutoburgewald, Thüringerwald, ecc., e tutto l'Altipiano svevo.

Molte emersioni di rocce ignee e nuclei di rocce cristalline sono sparse in questo triangolo, come sono, per esempio, quelli da Basilea fin quasi a Karlsruhe, di Heidelberg e Darmstadt, del Vogelsberg al nord di Francoforte, del Thuringewald, ecc.

V' hanno pochi altri tratti di terreno triasico fuori di questo triangolo, ma molto meno importanti.

**119. In Francia.** — Basta attraversare la valle del Reno, occupata da terreni recentissimi, per ritrovare nell'Alsazia e nei monti Vogesi lo stesso terreno triasico che nella Germania occidentale, sovrapposto all'arenaria vogese del terreno permiano.

Partendo dunque dalla valle del Reno presso Strasburgo e progredendo verso Parigi, si trova dapprima l'arenaria vogese (*grès vosgien*), che si affonda sotto all'*arenaria variegata triasica* (*gres bigarrè*), poi quest'arenaria, che va a nascondersi verso ponente sotto agli strati del *calcare conchiglifero* (*calcaire coquillier*) corrispondente al *Muschelkalk* della Germania, poi questo calcare che si abbassa e va sotto le *marne variegate* o *iridate* (*marnes irisées*) ossia coi colori dell'iride, corrispondenti al *Keuper* tedesco, le quali alla loro volta si abbassano e si affondano sotto ai terreni giuresi presso Nancy. Luneville è costruita sulle marne iridate, Epinal sul limite fra l'arenaria variegata e l'arenaria vogese. Il terreno triasico, insieme con varie emersioni di rocce ignee e varii nuclei di rocce stratificate cristalline (che si trovano specialmente fra S. Dié, Strasburgo, Colmar, Beffort e Remiremont), forma dunque i monti Vogesi e il suolo del paese circostante sino ad una linea ondulata che passa per Weissenburg, Magonza, i limiti del bacino carbonifero dell'Hundsrüch, Trèves, i monti dell'Eifel, Luxembourg, Metz, Nancy, Langres, Vesoul, Beffort, Colmar e Strasburgo.

In altre parti della Francia giunge il terreno triasico alla superficie del suolo e forma degli affioramenti ristretti, fra i terreni paleozoici e il terreno giurese, e specialmente nella Normandia, presso i Pirenei e nel mezzodì, al nord-est di Tolone.

**120. In Inghilterra.** — In Inghilterra il terreno triasico è imperfetto, mancando del calcare conchiglifero ossia del *Muschelkalk*; ha soltanto le rocce variegate, che formano il gruppo della *nuova arenaria rossa superiore, upper-new-red-sandstone.*

Questo *nuovo grès rosso superiore* inglese si divide in varie parti, che sono, partendo dall'alto:

1.° Un *letto a ossami* (*bone-bed*), nero, con avanzi di saurii e di pesci, dapprima messo nel terreno giurese;

2.° Un gruppo di *marne rosse e verdi* (*variegated marls* o *red marls*), quasi senza fossili, e dello spessore di 180 metri;

3.° Un gruppo di scisti rossi e verdi, di arenarie rosse, di arenarie quarzose e bianche, con tronchi d'alberi silicizzati, e con impronte di passi d'animali e di gocce di pioggia.

**121. Nelle Alpi germaniche.** — Abbiamo già veduto che le Alpi presentano una zona centrale e longitudinale di rocce cristalline

stratificate, sparsa di emersioni di rocce ignee (graniti, serpentini, porfidi, ecc.), e due zone laterali e longitudinali, l'una lungo il versante settentrionale, l'altra lungo il versante meridionale, di rocce paleozoiche, cioè siluriche, devoniche e carbonifere. Al di fuori di queste due zone paleozoiche e parallelamente ad esse ve ne hanno due altre, spesso interrotte, di rocce triasiche, l'una sul versante settentrionale, l'altra sul meridionale.

La zona settentrionale fu già riconosciuta da molto tempo, ed è descritta anche nei libri un po' recenti di Geologia generale, per esempio nel *Manuale* del professore Vogt (1). In essa il terreno triasico è composto appress'a poco come nella Germania occidentale: v'ha alla base un gruppo di arenarie rosse e di conglomerati di varia natura, che fu chiamato da molti geologi *Verrucano*, perchè somiglia ad un gruppo dello stesso nome che rappresenta in Toscana il terreno carbonifero, almeno colla sua parte inferiore. Sopra queste arenarie giacciono varie rocce calcaree, cioè calcaree compatte, dolomiti comuni, dolomiti cavernose, con gesso, con salgemma (ad Hallein, Hallstadt, Ischl, Berchtesgaden, Aussee), ecc., che rappresentano il *Muschelkalk*, sono dette nel paese *Alpenkalk ed Haselgebirge*, e sono ricoperte da scisti di vario colore, chiamati *Lebergebirge*. Ad Hallstadt e Hallein v'ha poi un calcare rosso, spesso marmoreo, con dentro ammoniti ed altri fossili veramente caratteristici del terreno triasico.

Le più recenti ricerche fatte nelle Alpi Austriache presso Vienna vi hanno trovato dei gruppi di strati corrispondenti a quelli del trias della Germania occidentale e ben caratterrizzati. Sono i seguenti:

1.° *Gruppo di Hallstatt*, formato di marmi rossi o variegati, con più di 800 specie fossili marine, quasi tutte molluschi, corrispondenti a quelli di S. Cassiano nel Tirolo meridionale, e rappresentanti in questa regione il *Keuper*, che negli altri paesi sembra formato in acqua salmastra;

2.° *Gruppo di Guttenstein*, composto di calcari neri e grigi, che passano inferiormente al gruppo seguente e rappresentano forse il *Muschelkalk*;

3.° *Gruppo di Werfen*, scisti e arenarie verdi e rosse, con pochi fossili, che lo fanno porre come equivalente del *Buntersandstein*.

Fra questi gruppi e le rocce decisamente giuresi, ossia sopra il gruppo di Hallstatt, v'hanno nelle Alpi Austriache altri due gruppi, che da alcuni geologi furono messi nel terreno triasico, da altri nel

(1) *Lehrbuch der Geologie und Petrefactenkunde*, 2ª *Auflage*, *Braunschweig*.

giurese inferiore, e da altri ancora furono ritenuti come un terreno intermedio fra que' due. Questi gruppi sono i seguenti:

1.° *Gruppo di Kôssen*, immediatamente sottoposto alle rocce veramente giuresi, formato di calcari grigi e neri, con marne calcaree, con molti fossili, alcuni giuresi, ma tutti gli altri proprii di questo gruppo;

2.° *Gruppo del Dachstein*, formato da un calcare bianco o grigio, che passa superiormente al gruppo precedente, contiene molti fossili, e alcuni strati composti di coralli ed è immediatamente sovrapposto al gruppo di Hallstatt.

**122. Nelle Alpi della Savoja.** — Abbiamo già veduto, occupandoci del terreno carbonifero, che anche nelle intricatissime Alpi della Savoia il signor Favre ha saputo scoprire il terreno triasico con particolari caratteri e fossili, in certe calcaree e dolomie cavernose e arenarie rosse, in certi conglomerati, gessi e depositi di salgemma, che esistono fra le rocce veramente giuresi e quelle veramente dell'epoca carbonifera.

**123. Nelle Alpi italiane.** — Resta ora a vedere se il terreno in discorso si trovi anche in Italia, e come vi sia composto.

È già da qualche tempo ammessa da tutti i geologi l'esistenza del terreno triasico nel Veneto; ne dice qualche parola anche il Vogt nel suo *Manuale*, lo descrissero i geologi veneti Maraschini, Catullo, Pasini, De-Zigno ed alcuni distinti naturalisti d' altre nazioni nei loro lavori speciali. Il Tirolo meridionale presenta poi la località classica di S. Cassiano, che diede nome ad una suddivisione del terreno triasico alpino, come vedremo fra poco; ed ha questo terreno composto inferiormente di arenarie rosse, e superiormente di rocce calcaree e dolomiche, più o meno ricche di fossili.

Ecco in breve la disposizione di queste rocce e di tutto il terreno triasico nel Tirolo meridionale e nel Veneto.

La parte del Tirolo meridionale più spesso esplorata (e lo fu da molti dei più distinti geologi: Marzari, Brocchi, Breislack, Maraschini, De Buch, Fournet, Münster, Klipstein, Studer, De Filippi, Murchison, Cornalia, ecc.), e quindi più conosciuta, e che noi potremo sceglier per tipo di questa porzione delle Alpi, è quella che comprende le valli dell' Eisack (che passa per Brixen e Klausen), dell' Avisio o Lavis, dell' Adige al sud di Bolzano, e parte di quella del Brenta (fig. 105 e 106).

Le rocce sedimentarie vi sono rialzate, sconvolte e metamorfosate

da tre rocce emersorie distinte, cioè dal porfido quarzifero, dal melafiro e dal granito. Il porfido quarzifero è il più abbondante: esso occupa la parte meridionale della valle dell' Eisack, quella dell' Adige da Bolzano a Lavis e quella dell' Avisio fra questo fiume e i monti che la separano dalla valle del Brenta. Un rialzo granitico di forma

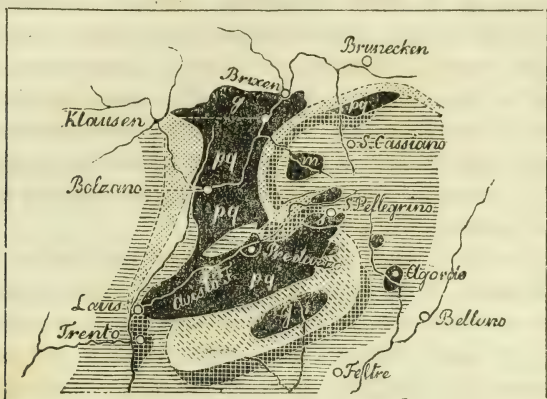



Fig. 105. *Carta geologica di parte del Tirolo meridionale* (1).

elittica costituisce il centro del monte Cima d'Asta (fra la valle dell' Avisio e quella del Brenta) e sostiene tutto all'intorno, a guisa di mantello, gli strati rialzati di micascisto. Un' altra emersione gra-

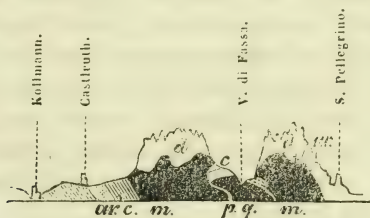



Fig. 106. (2).

nitica si trova nella valle dell' Eisack. Il porfido nero o melafiro forma varie piccole emersioni, sparse qua e là nelle valli, e specialmente nella valle di Fassa (che è la porzione più elevata della valle dell' Avisio ed è celebre per i molti minerali, il melafiro e le rocce dolomizzate che contiene) e fra le valli dell' Eisack, dell' Avisio e del Gredner (che sbocca nell' Eisack presso Klausen). Pas-

(1) *g*. Granito. -- *p. q*. Porfido quarzifero.
*s*. Selagite. -- *m*. Melafiro.

(2) *ar*. Arenaria rossa.
*p. q*. Porfido quarzifero.
*c*. Calcare conchiglifero.
*d*. Dolomia. -- *m*. Melafiro.

sando da Neumarckt (sull' Adige) a Cavalese nella valle di Fiemme (che è la parte inferiore della valle dell' Avisio), si vede presso S. Lugano il porfido quarzifero in masse colonnari affatto simili alle basaltiche ed utilizzate per farne paracarri lungo quella nuova strada.

I micascisti, o le rocce emersorie laddove mancano quelli, sostengono spesso alcune rocce metamorfiche, senza fossili, ma che forse sono dell' epoca carbonifera o silurica, come altre rocce analoghe di Tarvis nell' Illiria e di Gratz. Ma quasi sempre la roccia sedimentaria più antica è qui l' arenaria rossa, continuazione di quella di Lombardia e del Veneto, e che sostiene alcune rocce, le quali pei loro fossili si ritengono decisamente dell' epoca triasica e sono poi ricoperte da dolomie giuresi.

Così, per esempio, ascendendo da Klausen nella valle del Gredner o di Gardena, si incontra appoggiata sul porfido quarzifero l'arenaria rossa, e sovr' essa si vedono alcune rocce calcaree con possidonie ed altri fossili triasici, alle quali sovrasta poi una dolomia biancheggiante, che compone le cime dei monti, intorno ai quali hanno origine il Gredner ed il Gader. Ed è presso quest' ultimo torrente (che sbocca nell' Èisack presso Brunecken) che trovasi il villaggio di S. Cassiano, sulle carte geografiche indicato per lo più col nome di Armentarolla, celebre per le settecento e più specie diverse di fossili contenuti negli strati argillosi e marnosi che si trovano lì vicino, sottoposti alla dolomia giurese. Quelle specie, in parte del terreno giurese, ma in più gran numero triasiche, servono di tipo per il *gruppo di S. Cassiano* stabilito da alcuni geologi tedeschi; ma siffatta miscella di fossili di differenti terreni sembra aver origine specialmente da ciò che è impossibile andarli a raccogliere in posto e bisogna prenderli nelle frane provenienti nello stesso tempo dalle rocce superiori e dalle inferiori.

La stessa successione di rocce, ma in senso inverso, cioè le dolomie dapprima, sulle vette più elevate, poi il calcare conchiglifero, poi l'arenaria rossa appoggiata snl melafiro, si vede passando dalla vale di Badia (Abteithal), in cui sta S. Cassiano, alla valle di Fassa, e discendendo per questo valle verso Predazzo, il quale sta in mezzo di un piccolo spazio occupato da una emersione granitica.

La stessa serie di rocce si vede ancora scendendo da S. Cassiano lungo il Gader sino a S. Lorenzo presso Brunecken. E questa strada è la più comoda per chi vuol salire al villaggio di S. Cassiano, il quale, notissimo com'è tra'i naturalisti, mantiene invece

pochissima o nessuna comunicazione colle vallate circonvicine, sì che riesce dificile trovare in queste una guida che una volta in sua vita vi sia recata ed annuisca volontieri a condurvi il viaggiatore.

Discendendo dalle valli del Tirolo meridionale per quella del Brenta o per la strada da Roveredo a Schio od a Recoaro nelle vallate del Vicentino e del Veronese, e di là sino alla pianura, percorrendo così il paese illustrato dagli studii di Fortis, Arduini, Brocchi, Marzari, Murchison, De Hauer, Schauroth, ecc., si incontra una lunga serie di rocce che rappresentano quasi tutti i terreni sedimentarii.

Il monte Spizze, situato immediaiamente al sud del villaggio di Recoaro, si vede formato alla base da steascisti e micascisti attraversati da dicchi di trappo, sui quali si appoggiano in ordine ascendente:

1.° Un' arenaria rossa con tracce di carbon fossile.

2.° Un calcare sabbioso.

3.° Una marna rossa e verde con fossili triasici, un calcare con fossili caratteristici del calcare conchiglifero triasico, come qualche encrinite, ed un' arenaria che rappresenta la parte superiore del trias.

4.° Un ammasso di dolòmia d'epoca certamente giurese.

È specialmente questa località che ora serve di tipo del trias veneto, il quale corrisponde a quello di S. Cassiano nel Tirolo e del Salisburghese.

Anche nelle valli e gole vicine si può vedere la stessa serie di rocce. Intorno a Recoaro, al passo che conduce da questo paese alla Valle dei Signori, e di là sino a Torre-Belvicino ed a Pieve, il suolo è formato da micascisti e steascisti; ed i monti tutt'all'intorno sono formati nella loro parte inferiore dalle rocce triasiche e nella parte superiore dalle giuresi. Ascendendo quindi da Recoaro oppure dalla Valle dei Signori a qualunque punto della catena di cui fanno parte i monti Valpiana, Collè di Zomo, Pasubio, Cengio Alto, Laste, Spizze, Torrigi, ecc., sino a Pieve, si passa sempre dagli scisti cristallini della valle alle rorce triasiche e poi da queste alle rocce giuresi che formano le sommità.

La migliore descrizione di questo terreno triasico del Vicentino è forse ancora quella pubblicata già da trentacinque anni dal celebre Maraschini nel suo *Saggio geologico sulle formazioni delle rocce del Vicentino* (Padova, 1824).

Le stesse rocce triasiche si trovano nelle altre parti delle Alpi Venete, cioè nelle provincie di Belluno e di Udine. Le parti più

elevate delle valli del Cordevole, della Piave e del Tagliamento presentano grandi dirupi di gneiss e micascisti, attraversati, rialzati e sconvolti spesso da filoni di leerzolite o afanite verde, e ricoperte dagli strati di arenaria rossa, che fanno seguito a quelli del Vicentino. Sopra quest' arenaria rossa si appoggiano alcuni strati calcarei e marnosi, i quali formano una zona che attraversa la valle di Agordo, quella di Ampezzo, sollevandosi fin al di là del confine germanico, quella della Piave sopra Pieve del Cadore sino ad Aronzo, e le valli più settentrionali del Friuli; questi strati contengono fossili triasici e rappresentano il *Muschelkalk*. Sopra queste rocce calcaree si trova quasi sempre una roccia ora arenacea e rossa (nel Feltrino), ora marnosa e verde (nel Cadorino), ora scistosa e oscura (nell' Agordino), che contiene dei fossili caratteristici della parte superiore del terreno triasico ossia del *Keuper*. Questa roccia finalmente si affonda sotto le rocce calcaree giuresi.

In Lombardia fra le rocce cristalline stratificate e quelle veramente giuresi non si volle per molto tempo trovare alcun terreno distinto, mettendosi da molti, per esempio da Collegno (*Elementi di geologia*) e da Pilla (*Trattato di geologia*), nel terreno giurese anche un'atenaria rossa che è benissimo sviluppata fra Bellano e Varenna sul lago di Como, in Valsàssina e in molti altri luoghi, e che è appunto collocata sotto le più antiche rocce calcaree fossilifere e sopra le rocce cristalline stratificate. Fu poi rimarcata l' esistenza di rocce variegate e di calcaree fossilifere, che parvero dell'epoca triasica, e molti geologi nazionali e stranieri si occuparono di studiarle per determinarne l'età relativa e la distribuzione geografica, e per poter disegnare una carta geologica della Lombardia paragonabile a quelle che si hanno d'altri paesi. Sarebbe troppo lungo e contrario all' indole di questo trattatello esporre la storia di queste ricerche e di questi studii; mi limiterò a darne brevemente gli ultimi risultati, valendomi anche della figura 107 a pag. 411.

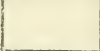
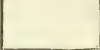
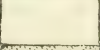
Le alte Alpi, dalla zona centrale fino ad una linea irregolare che attraversa le valli lombarde passando per Luino, Ponte Tresa, Lugano, i monti al nord di Porlezza, Menaggio, Bellano, i monti fra la Valtellina e le valli del Bembo e del Serio, e Cedegolo (sull'Oglio), sono formati di gneiss, micascisti ed altre rocce cristalline stratificate, con varii ammassi di calcari saccaroidi ed altri marmi, come a Musso ed Olgiasca sul lago di Como, e in varii luoghi della Valtellina.

Le stesse rocce cristalline formano anche una specie di nucleo, che sporge fra gli strati rialzati delle rocce veramente sedimentarie

tra il fiume Oglio e il Chiese, e più esattamente fra Artogne, Bagolino, Collio, Bóvegno, Pisogne. Dappertutto poi sono attraversate e smosse da rocce plutoniche, cioè da graniti, da serpentine e da filoni porfirici, quarzosi ecc.

Nelle montagne fra la Valtellina e le valli del Brembo e del Serio queste rocce cristalline portano immediatamente una massa di scisti neri, che in varii luoghi si sfaldano benissimo in lamine parallele, così che a Carona (sul Brembo al nord de' Branzi), si scavano e lavorano per farne ardesie da coprire i tetti.

In questi scisti non furono finora trovati fossili, ma per la loro posizione stratigrafica, si possono per ora ritenere come rappresentanti il terreno carbonifero, ossia la parte inferiore del gruppo del Verrucano, che in Toscana ha la stessa composizione e contiene fossili veramente caratteristici dell' epoca carbonifera, come le analoghe rocce antracitifere della Savoia.

Lungo una linea che passa per Passo S. Marco, Foppolo e Carona in Val Brembana, ed al nord di Bondione in Val Seriana, questi scisti si abbassano e vanno a nascondersi sotto il gruppo dell'*arenaria rossa*, chiamato *gruppo del Verrucano* dai geologi svizzeri e austriaci, e formato da arenarie rosse e grigie e da conglomerati rossi e grigi, i quali finora non hanno dato alcun fossile determinabile, e formano una zona continua e larga dal Tirolo fin alla Valsàssina, che poi si restringe fra Bellagio e Varenna, e ricompare saltuariamente fino al lago Maggiore, mostrandosi specialmente alla Gaeta (fra Menaggio e S. Abbondio sul lago di Como), nel Monte S. Salvatore al sud di Lugano, nella Val Gana, e sul lago Maggiore al sud di Luino.

Le stesse arenarie fanno anche una zona intorno al nucleo di rocce cristalline fra l' Oglio e il Chiese, così che si vedono a Darfo, Rogno e Artogne nella valle dell'Oglio, a Pisogne sul lago d' Iseo, a Bòvegno e Collio in val Trompia, vicino a Bagolino presso il lago d'Idro, e nei monti fra la Valle Trompia e la Val Grigna, che sbocca nella val Camonica ad Esine.

Questo gruppo immediatamente sovrapposto alle rocce stratificate cristalline od ai scisti neri deve assai probabilmente mettersi nel terreno carbonifero, come la parte superiore del *Verrucano* toscano, che ha identica composizione mineralogica, come certe arenarie del gruppo antracitifero della Savoja, e come le rocce analoghe della Svizzera. In qualche luogo però si può distinguere in esso una parte superiore, che a Regoledo (nei monti fra Bellano e Varenna) diede qualche vegetale fossile del terreno triasico inferiore, ossia del *Buntersandstein* della Germania.

Sopra questo gruppo dell' arenaria rossa si appoggiano delle rocce calcaree, ora vere calcaree ed ora dolomie, che contengono fossili ben determinabili e numerosi del terreno triasico medio, ossia del *Muschelkalk* tedesco. Esse formano una zona continua dal lago di Como fino al Tirolo, ma molto ondulata, che passa presso Regoledo (fra Bellano e Varenna), per i monti al sud d'Introbbio in Valsàssina, Valtorta, l'Olmo, Piazza, Lenna e Camerata in val Brembana, il monte Arera, Ardese in Val Seriana, il monte Presolana, Dezzo in Val di Scalve, Capo di Ponte e Breno in Val Camonica. A ponente del lago di Como la zona è interrotta, ma si ritrova certamente sulla stessa riva del lago fra la Gaeta e Nobiallo e al Sasso Rancio, e nel monte S. Salvatore al sud di Lugano. Un'altra zona della stessa roccia circonda la zona di arenaria rossa fra l'Oglio e il Chiese, passando per Cividale, Erbano e Angolo in Val Camonica sulla destra dell'Oglio, Toline sul lago di Iseo, al sud di Bovegno in Val Trompia, Bagolino presso al lago di Iseo, parte del confine fra la Lombardia e il Tirolo, Frestine ed Esine in Val Camonica sulla sinistra dell' Oglio. Queste rocce calcaree rappresentano dunque in Lombardia il *Muschelkalk* della Germania.

L' insieme di queste rocce calcaree spettanti alla parte inferiore del trias lombardo fu chiamato dai geologi del paese *gruppo della dolomia inferiore* per distinguerlo da quelli di altre dolomie meno antiche.

Su queste rocce calcaree se ne distinguono altre sulla riva orientale del lago di Como, e sono specialmente certi calcari neri, talora fissili come ardesie, che si scavano presso Varenna per servirsene come di un marmo, ed a Perledo (sopra Varenna) come

| | |
|---|---|
| G | Marmo majolica, calcare rosso ammonitifero e calcari bigi. |
| D | Dolomia superiore, giurese. |
| A | Scisti fossiliferi, bituminosi, di Bene, Guggiate e Taleggio. |
| E | Dolomia media, *gruppo d'Esino.* |
| K | Rocce variegate, ecc., del *Keuper.* |
| M | Dolomia inferiore, calcari neri, ecc., del *Muschelkalk.* |
| V | *Verrucano* |
| C | Scisti neri, forse del *terreno carconifero.* |

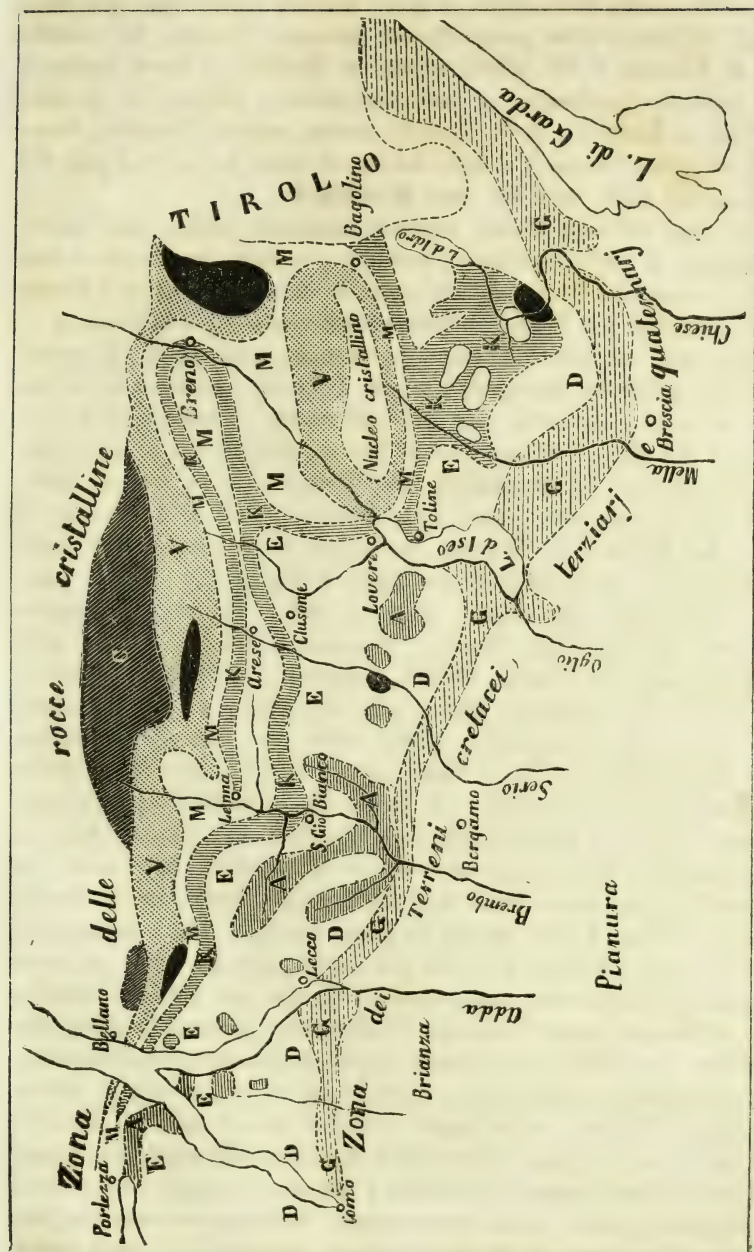



Fig. 107. Schizzo della Carta geologica di parte della Lombardia.

ardesie. In quest' ultima località contengono molti avanzi di pesci e di rettili assai interessanti e quasi tutti di specie non per anco trovati in nessun altro paese. Questo gruppo, formato dal *marmo nero di Varenna* e dal *calcare scistoso di Perledo*, si trova anche in altre parti di Lombardia, e particolarmente a Besano fra Arcisate e il lago di Lugano, dove contiene ancora avanzi di rettili; forma parte del terreno triasico, e nello schizzo di carta geologica a pag. 412 fu compreso nella zona del vero ***Muschelkalk.***

Alle rocce calcaree finora descritte tengono dietro, nell' ordine ascendente, le rocce variegate, arenarie e marne, per lo più a zone verdi e rosse, che furono già da parecchii anni paragonate al ***Keuper*** della Germania per il loro carattere minaralogico, e che ora si ritengono con maggior certezza rappresentare quel gruppo a motivo della loro posizione stratigrafica e per i fossili contenuti in alcuni strati calcarei e marnosi con esse alternanti. Formano una zona continua dal lago di Como fino al Tirolo, sempre fra le rocce calcaree dei gruppi del ***Muschelkalk*** e di Perledo e Varenna, e quelle più recenti e calcaree; questa zona comincia sulla riva del lago di Como fra Bellano e Varenna, passa per la Valsàssina fin quasi ad Introbbio, attraversa questa valle a Pasturo e Bajedo, passa di là nella Valle Brembana, dove si vede a Valtorta, Cassiglio, Camerata, S. Giovanni Bianco, Dossena e Serina, e poi nella valle Seriana, per Oneta, Gorno, Castione; si divide poscia in due rami, che scendono nella valle dell'Oglio (Val Camonica), giungendo nel fondo della valle, sulla riva destra del fiume, l'uno fra Cividale e Breno, l'altro presso Lòvere. Per un singolare ripiegamento dei loro strati e di quelli che vi stanno sotto, le rocce variegate formano una seconda zona parallela alla prima, lungo la linea mediana della zona calcarea del ***Muschekalk*** da Lenna per Ardese fin alla riva destra dell' Oglio sopra Breno; zona che da qualche geologo d' oltre monte fu bensì veduta, ma creduta formata di rocce variegate d' epoca più antica, mentre tutte le rocce variegate di Lombardia appartengono ad un solo gruppo, equivalente al Keuper della Germania. Finalmente. A mezzodì del nucleo cristallino fra l' Oglio e il Chiese, queste rocce variegate si stendono ampiamente alla superficie del suolo delle valli Trompia e Sabbia, formando anche una zona lungo il limite meridionale del ***Muschelkalk*** da Toline sul lago d' Iseo fin a Bagolino. Chiameremo questo insieme di strati *gruppo di Dossena e Gorno*, dai luoghi dove sono più numerosi i suoi fossili caratteristici, mentre i tedeschi lo paragonano ai loro *strati di Raibel* d' eguale natura e dell' egual epoca.

A ponente del lago di Como fu trovato in pochi luoghi, cioè presso Menaggio sullo stesso lago, e in qualche parte de' dintorni di Varese. Con lui sono intimamente collegati molti depositi di gesso, come quelli di Nobiallo e Limonta sul lago di Como, e varii che si trovano in Val Brembana e in altre valli più ad oriente.

Le rocce variegate portano un gruppo di rocce calcaree, ora vere calcaree ed ora dolomie, che somigliano tanto a quelle del ***Muschelkalk***, quanto ad altre più recenti, così che non furono ben distinte dalle une e dalle altre se non quando se ne studiarono bene la posizione stratigrafica e i fossili. Il loro tipo è ad Esino, nell'alto della valle che sbocca nel lago di Como a Varenna, e perciò il loro insieme fu detto *gruppo d' Esino*; fu poi anche chiamato *gruppo della dolomia media*, per distinguerlo da quello della dolomia inferiore e più antica e da quello della dolomia superiore e giurese. Contengono molti fossili caratteristici, che le fanno considerare come equivalenti alla parte più alta del trias degli altri paesi. Formano gran parte dei monti fra la Valsassina e il lago di Como, ed una zona attraverso le valli bergamasche e bresciane lungo il limite meridionale della zona di rocce variegate. Furono vedute anche a ponente del lago di Como, nella valle di Menaggio e Porlezza, in qualche luogo del Varesotto, ecc. Sono segnate colla lettera E nella carta a pag. 411.

Al gruppo d' Esino e della dolomia media sono sovrapposti certi scisti marnosi, assai facili a dividersi, franare e trasformarsi in argilla nera, con alcuni strati zeppi di conchigliette fossili, che si vedono bene distinti particolarmente a Bene fra Porlezza e Menaggio, nella valle di Guggiate presso Bellagio sul lago di Como, nelle valli Taleggio, Sedrina, Imagna e Serina, che sboccano nella gran valle del Brembo, e in qualche luogo fra la Valle Seriana e il lago d' Iseo. Questi scisti formano dunque il *gruppo di Bene, Guggiate e Taleggio*, e contengono tali fossili, che li fanno collocare fra il vero terreno triasico e il vero terreno giurese, quasi come un anello intermedio che divide e nello stesso tempo unisce questi due terreni. Sono segnati con A nella carta a pag. 411.

Ma questi scisti non sono soli a formare questo anello, giacchè quasi in tutti i luoghi dove furono osservati, sono coperti da uno strato o da pochi strati di calcare zeppo di conchiglie fossili in modo di formare una vera *lumachella;* ed anche queste conchiglie stanno fra quelle veramente giuresi e quelle veramente triasiche.

Sopra queste lumachelle si vedono poi le vere rocce giuresi, delle quali vedremo più avanti i caratteri e la distribuzione.

È singolare che un terreno, del quale alcuni anni sono si sospettava appena l'esistenza in Lombardia, vi si trovi ora formato da tante parti così ben distinte e caratterizzate.

Le successive fasi dello studio del terreno triasico in Lombardia per le quali ciascun gruppo di strati fu successivamente da varî geologi ed anche da uno stesso geologo diversamente classificate possono servire benissimo a dimostrare quanto sia difficile studiar bene un paese, specialmente se non si può tener conto di tutti e tre i criterii necessarii, cioè della natura mineralogica, della stratigrafia e dei fossili (1).

**124. In Liguria e in Toscana.** — Nella Liguria il terreno triasico non sembra così complesso come in Lombardia, ma pure consta di calcari, di dolomie, di gessi, e di arenarie variegate, che furono bene studiate e descritte da Lorenzo Pareto.

Anche in Toscana il terreno triasico è ben conosciuto, benchè poco sviluppato. Il gruppo del *Verrucano*, composto delle arenarie dei conglomerati e degli scisti con fossili dell' epoca carbonifera porta un calcare grigio-cupo senza selci, spesso trasformato in marmi saccaroidi, bardigli, ecc., che contiene pochi fossili del terreno triasico, si mostra specialmente nelle Alpi Apuane e ne' monti Pisani, di cui esporrò più tardi la struttura, ed è immediatamente coperto da altri calcari, che devono essere collocati nel terreno giurese.

**125. Rettili, uccelli e mammiferi triasici.** — Le diverse parti del trias contengono molte specie di molluschi, di raggiati, di pesci di piante, che somigliano a quelle dell'epoca precedente, benchè con questa comincino a comparire i veri ammonitidi, qual'è per esempio il *Ceratites nodosus* del calcare conchiglifero; ma gli animali più interessanti di quest' epoca sono i rettili, gli uccelli e i mammiferi.

Ad Hesseberg presso Hildburghausen in Sassonia si sono trovati già da molti anni sulle lastre del grès rosso molte *impronte di piedi*, ed altre se ne trovarono sulla stessa roccia in Inghilterra, a Storton

(1) Chi volesse conoscere maggiori particolari intorno a questo argomento vegga, oltre ai miei *Cenni sullo Stato geologico dell'Italia* (Milano 1856, Vallardi), le seguenti memorie e gli altri scritti in esse citati:

Omboni, *Série des terrains sédimentaires de la Lombardie* (*Bulletin de la société géologique de France*, 1855).

Omboni, *Intorno alla carta geologica della Lombardia*, *del cav. di Hauer*, nel primo volume degli *Atti della Società geologica residente in Milano* (ora *Società italiana di scienze naturali*).

Stoppani, *Rivista geologica della Lombardia*, negli stessi *Atti* che la memoria precedente.

Hill presso Liverpool. Queste impronte di piedi sono disposte a due a due, una grande ed una piccola, e somigliano fino a un certo segno a quelle che lascerebbero sul fango le mani d'un uomo e d'un ragazzo. Si credettero dapprima fatte da un rettile sconosciuto, che si chiamò *Cheirotherium,* vale a dire *animale con mani;* più tardi si paragonarono alle impronte lasciate da un canguro o kanguroo, uno di quei singolarissimi mammiferi che hanno al ventre una borsa per riporvi i figli appena nati e ancora incapaci di vivere da sè; poi a quelle dei batracii, ossia delle rane, dei rospi e degli animali analoghi; poi a quelle di un coccodrillo a piedi palmati. Finalmente il celebre paleontologo inglese Owen esaminò certi denti trovati nel terreno triasico di Germania e di Inghilterra, e li trovò dover appartenere a giganteschi batracii, che chiamò *Labirintodonti,* a motivo d'una singolare complicazione nella struttura di quei denti; ne distinse tre specie di diversa statura; ne studiò altre parti dello scheletro; e trovò che quei batracii dovevano respirare nell'aria, e che le loro diverse grandezze corrispondevano a quelle delle impronte di piedi

Fig. 108. *Labyrinthodon pachignatus.*

in quistione; e ne conchiuse che gli animali che produssero quelle impronte dovettero essere animali respiranti nell'aria, ed aventi la forma e molti dei caratteri degli odierni batracii, appress'a poco come si vede dalla fig. 108.

Il *Cheirotherium* non è dunque più che un *Labyrinthodon,* e fu assai probabilmente un batracio gigantesco, solito a passeggiare nel fango umido lungo le rive dei mari e dei golfi, nei quali si deponevano i sedimenti del terreno triasico.

Le arenarie del terreno triasico si trovano anche nell'America settentrionale e benissimo sviluppate, ma quello che più singolarmente interessa si è che nel Connecticut portano delle impronte di piedi d'uccelli, di gocce d'acqua, e delle screpolature degli strati sottoposti. Le più importanti sono quelle dei piedi d'uccelli, che sono benissimo definite, così che si possono distinguere quelle del piede destro e quelle del piede sinistro, e si vedono certe granulazioni analoghe

a quelle che lasciano sul fango i piedi dello struzzo; ma queste impronte sono grandissime, così che l'uccello che le ha lasciate dovette avere assai probabilmente una statura quattro volte più grande di quella dello struzzo comune.

Con queste impronte se ne trovano altre, dovute anch'esse ad animali bipedi, ma a quattro dita dirette in avanti, e si vollero credere prodotte da rettili bipedi, e da quadrupedi capaci di camminare in un modo particolare, od anche da pterodattili (animali che non vivono più e stanno fra i rettili e gli uccelli) simili a quelli del terreno giurese. E insieme a queste e a quelle si trovarono anche impronte di labirintodonti, coproliti di uccelli, ed altre impronte di un quadrupede che si crede un rettile affine alle tartarughe.

Fin dal 1847 si scopersero nel terreno triasico del Wurtemberg due denti, e si riconobbero spettare ad un quadrupede a sangue caldo; più recentemente furono di nuovo studiati e si trovò che sono realmente di un mammifero della statura d'un riccio o d'uno scojattolo, e probabilmente insettivoro, per cui fu chiamato *Microlestes*, ossia *piccolo animale da preda*. Questi denti erano misti ad una quantità di ossa di rettili e di pesci, ossia erano in uno di que' *letti di ossa*, che si trovano a varie altezze nel terreno triasico della Germania ed anche dell'Inghilterra. Questi denti apparterrebbero al *più antico mammifero conosciuto in Europa*, ma sembra che se ne sia trovato uno un pò più antico in America, nello stesso terreno triasico, ma nella parte inferiore, all'est della catena degli Allegani.

**126. Vegetali dell'epoca triasica.** — Le piante fossili di quest'epoca differiscono da quella dell'epoca carbonifera e dell'epoca permiana, ma sono tuttavia analoghi a quelli che attualmente vivono nei paesi caldi, e specialmente alle zamie e alle cicadee (fig. 109 e 110).

**127. Continenti e mari dell'epoca triasica.** — Conoscendo l'estensione dei terreni paleozoici non ricoperti dal trias, e quella di questo terreno, si può fino ad un certo segno dire quali continenti e quali mari esistessero nell'epoca triasica; però soltanto in generale, perchè bisogna tener conto anche delle dislocazioni del suolo che devono essere avvenute durante la stessa epoca, ossia durante la formazione dei sedimenti triasici.

A quanto sembra, in conseguenza delle anteriori dislocazioni dovevano essere terre asciutte la Scozia, l'Irlanda, le parti settentrionali e occidentali dell'Inghilterra, la penisola scandinava, la parte nord-ovest e il centro della Francia, le regioni ora occupate dal Belgio e da quasi tutta la Boemia, la Sardegna e la Corsica, ecc. Una linea da Newcastle a Plymouth passando per Liverpool, il cen-

tro cristallino della Francia, la zona cristallina delle Alpi, e il nucleo cristallino della Boemia e i rialzi paleozoici del Belgio, dovevano

Fig. 109. *Zamia pungens.*

Fig. 110. *Cycas revoluta.*

formare i limiti d'un mare, nel quale si deposero i sedimenti triasici dell'Inghilterra, della Francia settentrionale e della Germania occidentale.

Varii bacini molto più piccoli ricevettero durante la stessa epoca dei sedimenti nella Germania orientale. Un altro ampio mare doveva occupare la Russia orientale. Ed un altro ancora doveva estendersi per tutta la regione ora occupata dalle Alpi, dalla Francia meridionale, da porzione della Spagna e dall' Italia centrale, perchè in tutti questi paesi si trovano veri depositi triasici. E così va modificato lo schizzo qui unito, tolto dal libro di Beudant.

Fig. 111. *Mare triasico in Francia.*

**128. Dislocazioni avvenute nell' epoca triasica. — Sistemi dei Paesi Bassi o dell' Hainaut, del Reno e del Thuringerwald.** — Le dislocazioni spettanti ai tre sistemi dei Paesi Bassi (o dell'Hainaut), del Reno e del Thuringerwald, già abbastanza descritte in ad-

dietro, sembrano avvenute durante l'epoca triasica ed alla sua fine, così che per alcune furono smossi soltanto gli strati inferiori del trias, per altre anche quelle di mezzo, e in altre ancora sono dislocate tutte le parti di detto terreno. In conseguenza di tali dislocazioni crebbe in estensione la zona formata dalle parti settentrionali e occidentali dell'Inghilterra, e dalle parti nord-ovest della Francia; si estese la terra asciutta nella regione ora occupata dai Paesi Bassi intorno alle Ardenne; ed emersero dalle acque i Monti Vogesi, gran parte della Germania occidentale, alcune parti della Grecia ecc; così che fu di molto diminuita l'estensione dei mari, nei quali si deposero poi dopo i sedimenti dell'epoca giurese.

**129. Origine delle rocce variegate e del salgemma.** — La singolarità del color rosso dominante nelle arenarie triasiche, e l'esistenza del salgemma e del gesso in grandi quantità in questo terreno fanno venire il desiderio di indagare il modo d'origine sì delle arenarie come del salgemma e del gesso.

In quanto alle arenarie rosse fu osservato che nella Scozia e in altri paesi i detriti provenienti dall' alterazione e corrosione delle rocce cristalline stratificate danno origine a sabbie, argille ed arenarie di color rosso. Pare dunque che dai detriti delle rocce cristalline preesistenti, accumulati nei mari e nei golfi, nei quali vissero in gran numero i rettili, i batraci e i pesci, di cui troviamo gli avanzi e le impronte, siano state fatte le arenarie rosse che contengono le ossa e le impronte dei piedi di quegli animali, non che molte piante terrestri.

Quanto al salgemma, v'hanno almeno due ipotesi: l'una vuole che quei depositi siano stati formati da materie d'origine vulcanica, ossia emesse in modo analogo a quello con cui agiscono le attuali solfatare e le sorgenti minerali; l'altra ammette invece l'esistenza, durante l'epoca triasica, di laghi salati interni, analoghi per esempio al Mar Morto e ai laghi salati dell'Istmo di Suez e dell'America settentrionale, oppure di lagune analoghe alle saline artificiali con cui si raccoglie il sale marino, e comunicanti col mare, e suppone che pel loro prosciugamento si sia accumulato il sale che era dapprima disciolto nelle loro acque.

Quanto al gesso, sia anidro (anidrite), sia idrato (gesso comune), pare che non si possa spiegare la sua origine se non col mezzo di sorgenti minerali, per le quali il gesso sia venuto ad accumularsi qua e là sul fondo del mare, nello stesso tempo che si deponevano i sedimenti triasici.

## TERRENO GIURESE.

**130. Terreno giurese o giura-liassico. — Giura e Lias.** — Ora passiamo ad un terreno molto complesso, composto per lo più di strati alternanti, argillosi e calcarei, distinti per particolari caratteri paleontologici, ma però non così distinti come lo vorrebbe D'Orbigny, essendovi quasi sempre un passaggio regolare da una parte all'altra, così rispetto ai fossili, come rispetto alla natura della roccia, là dove non vennero tante successive dislocazioni a interrompere a più riprese la sedimentazione.

Questo terreno si divide generalmente in due parti, il *terreno giurese* o *giura* propriamente detto o *gruppo oolitico* ed il *lias*. Vedremo or ora le origini di questi nomi. Tutte due le parti furono studiate dapprima in Inghilterra da Smith, e poi negli altri paesi; si prende dunque con ragione il terreno inglese come tipo, e si sono adottati anche in altri paesi varii nomi comunemente usati in Inghilterra per certe parti speciali.

**131. Tipo inglese del terreno giurese.** — Partendo dal basso, ossia dal terreno triasico, e specialmente dal *letto* o *banco di ossa* (*bone-bed*), che forma la parte superiore di esso terreno, e sul quale si appoggiano immediatamente i più antichi strati giuresi, si distinguono in Inghilterra i seguenti gruppi:

1.° Gli *scisti liassici inferiori* (*Lower-lias-shale*), che sono scisti marnosi e bituminosi, i quali facilmente si trasformano in argilla, contengono pochi fossili, e non si possono separare ben nettamente dal sottoposto letto di ossa;

2.° Il *lias azzurro e bianco* (*Blue-and-white-lias*) ovvero *calcare a grifee,* calcare di poco spessore, ma zeppo di conchiglie e specialmente di grifee a lui proprie (*gryphœa arcuata*), e di colore bianco inferiormente e azzurro superiormente, così che facilmente si riconosce e serve benissimo come orizzonte stratigrafico;

3.° *Iron-and-marl-stone*, ossia gruppo di marne con sabbia ferruginosa o con bitume e cattivo carbon fossile, contenenti varii fossili e specialmente una grifea particolare, *gryphœa cymbium;*

4.° *Scisti liassici superiori* (*Upper-lias-shale*), scisti argillosi e alluminosi, sviluppati a Lyme-Regis ed a Whitby, e contenenti avanzi di rettili e di pesci;

5.° Un'*arenaria marnosa* (*marly-sandstone*), con mica e per lo più gialliccia o verdognola, specialmente sviluppata a Blue-Wick sulla

costa d'York, con particolari ammoniti (*Ammonites striatus*), noduli d'argilla, concrezioni calcaree, ecc.;

6.º Un'*oolite ferruginosa* (*ferruginosus-oolite*), che fa un insensibile passaggio allo strato sottoposto, è formata di granelli e concrezioni calcaree con sabbia ferruginosa, ed è bene sviluppata specialmente alla già citata località di Blue-Wick;

7.º Un'*arenaria oolitica*, che fa seguito al precedente gruppo, e può servire come pietra da fabbrica;

8.º Una *terra da folla* (*fullers-earth*) o argilla buonissima per levar l'unto ai panni durante la follatura, con concrezioni e straterelli marnosi, e ricoperta nella costa di York da un'arenaria con impronte di piante e con pochi strati di cattivo carbon fossile;

9.º Gli *scisti di Stonesfield* presso Oxford, famosi per la grande quantità di ossa di mammiferi e rettili che contengono;

10.º La *grande oolite* (*Great-oolite*), potente deposito di calcare oolitico, con banchi zeppi di fossili, particolarmente polipai;

11.º L'*argilla di Bradford* (*Bradford-clay*), per lo più azzurra, con straterelli di minerale di ferro o di oolite argillosa, e con molti fossili, fra i quali si annoverano particolarmente l'*Ostrea Marshii* e l'*Avicula Braamburiensis*;

12.º Una serie di *marmi*, chiamati dagli Inglesi *forest-marble*, con argille, marne e arenarie, e con molti fossili;

13.º Un *calcare grossolano* (*corn-brash*), bene sviluppato in tutti i luoghi d'Inghilterra occupati dal terreno giurese, come la grande oolite;

14.º Il *gruppo di Kellovay* (*Kellovay-rochs*), formato da argille e calcari concrezionati, con molti fossili caratteristici, *Gryphœa dilatata, Avicula inœquivalvis, Trigonia clavellata,* ecc;

15.º L'*argilla di Oxford* (*Oxford-clay*), argilla azzurra, con marne, concrezioni calcaree e scisti bituminosi, e ben caratterizzata da molti fossili;

16. Un'*arenaria calcarea* (*Calcareous-grit*), che comincia con degli strati sabbiosi calcarei, e passa superiormente al seguente gruppo;

17.º Un *calcare a coralli* (*Coral-rag*), calcare terroso compatto, in molte sue parti zeppo di polipai, al punto da ritenersi formato al modo dei così detti banchi di corallo, così abbondanti in tutti i mari, ma specialmente nell'Oceanica;

18.º Un'*oolite ferruginosa pisolitica* (*Oxford-oolite*), calcare formato di granellini insieme cementati, per lo più giallo, rossastro o bruno, talvolta atto a servire come pietra da costruzione;

19.º Le *marne di Kimmeridge* (*Kimmeridge-clay*), marne e argille

azzurre, spesso bituminose, con minerali cristallizzati e con molti fossili (*Exogyra virgula*, ammoniti, trigonie, ecc.);

20.° Il *calcare di Portland* (*Portland-limestone*), calcare compatto e sodo, bianco o grigio chiaro, che serve benissimo come pietra da costruzione, ma nelle sue parti superiori si fa argilloso e contiene anche vere argille, nelle quali si trovano quei pezzi di tronchi ancora in piedi, già descritti a pag. 250.

Fig. 112. *Griphæa arcuata.*

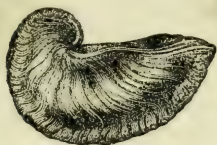



Fig. 113. *Ammonites Walcotii.*

Fig. 114. *Avicula inæquivalvis.*

Fig. 115 *Belemnites sulcatus.*

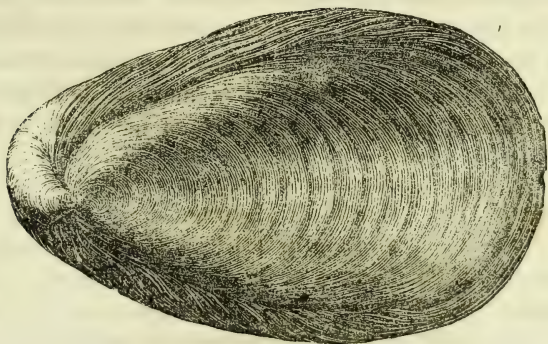



Fig. 116. *Gryphæa cymbium.*

Sopra quest'ultimo gruppo v'ha quello chiamato *gruppo di Weald* (*Weald-rocks*), che si trova nella parte meridionale dell'Inghilterra e specialmente nella contea di Sussex, ed è formato di rocce

di formazione lacustra e non marina. In esso si distinguono tre parti: il *gruppo di Purbeck* (*Purbeck-beds*), formato di calcari composti quasi soltanto di avanzi organici, e particolarmente di paludine e di cro-

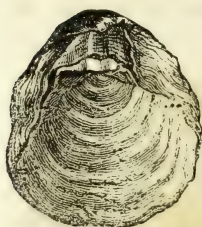
Fig. 117.

*Gryphæa dilatata.*

Fig. 118.

*Ostrea Marshii.*

Fig. 119.

*Exogira virgula.*

stacei piccolissimi, e contenenti avanzi di rettili ordinarii e di tartarughe; le *sabbie di Hasting* (*Hastings-saud*), con depositi ferruginosi, legni carbonizzati, ed avanzi di rettili giganteschi, e l'*argilla di Weald* (*Weald-clay*), con calcarei ricchi di fossili analoghi a quelli di Purbeck, e spesso adoperati come marmi. Non è ancora ben deciso se questo gruppo debba essere messo nel terreno giurese oppure nel terreno cretaceo, che gli è immediatamente sovrapposto.

Tutti questi piccoli gruppi o piani sono distribuiti in cinque grandi gruppi, che sono: il *lias*, così chiamato con un nome comunemente in uso fra i minatori inglesi per designare le rocce che lo compongono; il *gruppo di Bath* ossia *oolite inferiore*, bene sviluppato a Bath, luogo celebre pei suoi bagni; il *gruppo d'Oxford*, così denominato da questa città celebre per la sua università; il *gruppo di Portland*, bene sviluppato nella penisola di Portland (a mezzodì dell'Inghilterra); e il *gruppo di Weald*. La distribuzione è fatta nel modo seguente:

| | |
|---|---|
| *Gruppo di Weald.* | Argilla di Weald. |
| | Sabbie di Hasting. |
| | Gruppo di Purbeck. |
| *Gruppo di Portland.* | 20. Calcare di Portland. |
| | 19. Marne di Kimmeridge. |
| *Gruppo d'Oxford.* | 18. Oolite ferruginosa oolitica. |
| | 17. Calcare a coralli. |
| | 16. Arenaria calcarea. |
| | 15. Argilla d'Oxford. |
| | 14. Gruppo di Kellovay. |

| | |
|---|---|
| Gruppo di Bath ossia Oolite inferiore. | 13. Calcare grossolano.<br>12. Marmi (*Forest-marole*).<br>11. Argilla di Bradford.<br>10. Grande oolite.<br>9. Scisti di Stonesfield.<br>8. Terra da folla.<br>7. Arenaria oolitica.<br>6. Oolite ferruginosa.<br>5. Arenaria marnosa. |
| *Lias.* | 4. Scisti liassici superiori.<br>3. Marne con grifee.<br>2 Lias azzurro e bianco.<br>1. Scisti liassici inferiori. |

Il terreno giurese così composto forma in Inghilterra la superficie del suolo in una zona che va dalle coste sul Mare del Nord fra Newcastle e Kingstown a quelle sulla Manica che terminano colla penisola di Portland, passando per Bath ed Oxford; i suoi strati terminano verso ponente appoggiandosi sul terreno triasico, e verso levante si abbassano e vanno a nascondersi sotto il terreno cretaceo al quale servono di letto. Il gruppo di Weald è separato da questa zona, trovandosi formare il suolo a mezzodì di Londra, fino alle coste della Manica ad Hasting.

Il *lias* passa insensibilmente all'oolite inferiore in parecchi luoghi ed ha con lei qualche fossile comune (*Avicula inæquivalvis*, per esempio), ma si può tuttavia considerare, tanto in Inghilterra quanto in quasi tutto il resto dell' Europa, come un gruppo o terreno separato e indipendente, dello spessore di 150 a 300 metri, perchè ha molti fossili proprii, e in molti luoghi è in istratificazione discordante coll'oolite. Sono degni di rimarco i molluschi del genere *gryphæa* che esso contiene in gran numero, certi crinoidi che vi formano da soli degli strati interi intrecciando le loro numerosissime ramificazioni così come s' intrecciano i rami delle piante componenti una densa foresta, e molti pesci appartenenti a generi affatto estinti; ma attirano molto più l'attenzione certi rettili giganteschi, che furono chiamati *ittiosauri* e *plesiosauri* perchè hanno forme che rammentano nello stesso tempo i coccodrilli e le balene (fig. 120 e 121). Si sono trovate alcune loro parti benissimo conservate, e specialmente alcune natatoie, che somigliano assai a quelle dei pesci. Siccome si trovano entro strati marini, quasi sempre intieri e colle parti di solito al loro posto naturale, così sembra che abbiano vissuto in mare,

siano periti di morte violenta e siano stati subito ricoperti dai sedimenti, che li difesero dall'azione dell'acqua e degli animali carnivori; tanto più che nel loro interno si trovarono qualche volta i detriti e

Fig. 120. *Ichthyosaurus communis.*

gli avanzi di ossa ed altre parti spettanti ai rettili ed ai pesci di cui questi giganteschi rettili, lunghi fino a 7 metri, usavano cibarsi. Essi avevano quindi assai probabilmente costumi analoghi a quelli d' un

Fig. 121. *Plesiosaurus dolicboderius.*

rettile marino e carnivoro che vive attualmente nelle isole Galapagos. Insieme cogli avanzi degli ittiosauri si trovarono a Lyme-Regis anche le borsette piene di sostanza nera o bruna che appartennero a molluschi cefalopodi viventi nell'epoca liasica, similissime a quelle di cui sono fornite le seppie ed altri cefalopodi viventi nei nostri mari. In un'altra località si trovarono anche impronte di ali d'insetti meravigliosamente conservate, insieme con impronte di foglie di piante terrestri e conchiglie fluviatili d'acqua salmastra. Tutto questo rende ancora più probabile che i sedimenti liasici siano dovuti a materie portate in estuarii o in bassi fondi da potenti fiumane, e che da queste, direi quasi, inondazioni di fango o di acqua fangosa siano stati repentinamente uccisi i rettili e gli altri animali, che si raccolgono in grande quantità in certi strati particolari del lias inglese, ed anche, come vedremo più avanti, del lias del Wurtemberg.

Fig. 122. *Borsa dell'inchiostro della seppia.*

Mettendo le argille di Weald e sabbie di Hasting nel terreno cretaceo inferiore, molti geologi, fra i quali Lyell, dividono il

*gruppo dell'oolite*, ossia il terreno giurese superiore al lias, nel seguente modo:

| | |
|---|---|
| *Oolite superiore* | Gruppo di Purbeck<br>Calcare di Portland<br>Marne di Kimmeridge |
| *Oolite media*, ossia *Gruppo d' Oxford* | Calcare di coralli<br>Argilla d' Oxford |
| *Oolite inferiore* o *Gruppo di Bath* | Calcare grossolano e *Forest-marble*<br>Grande oolite e Scisti di Stonesfield<br>Terra da folla<br>Oolite ferruginosa |

La singolare composizione di questo gruppo dell'oolite, formato da strati alternanti, argillosi e calcarei, fa sì che in tutti i paesi in cui il suolo è da lui formato gli strati argillosi e marnosi, essendo più facili ad alterarsi ed a cadere in detriti, formano sempre il fondo delle valli e le pianure, mentre gli strati calcarei, più resistenti, formano delle serie parallele di colline più o meno sporgenti.

Il *Gruppo di Purbeck* si riconosce essere in generale un deposito d'acqua dolce, pei fossili numerosi che contiene, ma vi si trovano intercalati alcuni strati veramente marini. Uno strato così zeppo di cipridi, da esserne quasi per intero composto, diede anche gli avanzi di coccodrilli, di tartarughe ed anche di molti mammiferi, assai piccoli, e analoghi alla talpa del Capo di Buona Speranza e perciò chiamati *Spalacotherium*, altri analoghi agli *Ericulus* ora viventi nel Madagascar, e altri (*Triconodon*) analoghi al riccio comune, ed altri ancora (*Plagiaulax*), erbivori, paragonabili ai canguroo ora viventi nell'Australia. Durante quell'epoca vissero dunque insieme grandi rettili e piccoli mammiferi, vicino alle foci dei fiumi ed alle acque salmastre, in cui si depositavano alternativamente sedimenti marini e sedimenti d'acqua dolce, ora caratterizzati dai loro rispettivi fossili.

Fra questo gruppo di Purbeck e quello di Portland, così che alcuni lo mettono nel primo ed altri nel secondo, esiste il famoso *letto di fango* (*dirt-bed*), che contiene gli avanzi dei tronchi ancora in piedi e colle radici al loro posto naturale, che fu già descritto a pagina 250. Ecco dunque un sedimento d'acqua dolce, da aggiungersi a tutti gli altri (e sono undici), che furono riconosciuti nel vero gruppo di Purbeck, alternanti con sedimenti marini; ed ecco la prova che dopo la formazione della pietra di Portland, avvenuta nel mare, il fondo di questo si sollevò, al punto di essere in asciutto

oppure sotto un'acqua molto bassa, in modo da potervi germogliare e crescere gli alberi di cui ora vi troviamo gli avanzi.

La *grande oolite* ha specialmente nella sua parte superiore una vera foresta di polipai, simili a quelle che formano scogli ed isole in molte parti dei mari attuali.

I *mammiferi degli scisti di Stonesfield* sono quelli che per molti anni si ritennero come i più antichi rappresentanti della loro classe, perchè non si conoscevano ancora quelli del terreno triasico; e non volendosi da molti credere all'esistenza di quadrupedi a sangue caldo in un'epoca così antica, furono considerati da quei naturalisti come rettili. E infatti i loro denti con molte punte somigliano molto a quelle di certi rettili; ma la forma delle mascelle che li portano ed altri caratteri provano ad evidenza che spettano a veri mammiferi, anzi a mammiferi da collocarsi fra i marsupiali e i mammiferi ordinarii. Appartengono a due generi, che furono chiamati *Amphiterium* e *Phascolotherium*, e dovevano essere insettivori.

Da tutto questo si può dedurre che il fondo del mare nel quale si deposero i sedimenti nell'epoca giurese fu tutt'altro che stabile durante quest'epoca, ma si smosse più volte, così che si cambiarono le correnti, e la natura dei loro sedimenti, e in certi luoghi lo stesso mare profondo diventò un basso fondo, un estuario, od anche terra ferma, per ritornare poi di nuovo mare e ricevere nuovi sedimenti marini. Così avvenne che in un dato luogo ora si deposero i sedimenti finissimi che formano le argille, le marne e gli scisti argillosi, ora si formarono strati di sabbie, ora si svilupparono i banchi di polipai (coralli) e i detriti delle conchiglie col continuo rompersi e corrodersi diedero origine ai sedimenti calcarei spesso zeppi di fossili. Ad ognuno di questi cangiamenti nell'altezza del fondo e nella natura delle acque e dei sedimenti cangiarono anche gli abitanti, ora per mezzo di emigrazioni, ed ora per vera estinzione di specie vecchie e comparsa di specie nuove; e risultarono così tutti quei piani così ben distinti per la loro natura mineralogica e pei fossili che contengono.

**132. Terreno giurese in Francia.** — Passiamo la Manica, e troveremo subito la continuazione di tutte o quasi tutte le parti del terreno giurese dell'Inghilterra, in una zona piegata quasi a circolo, che comincia sulla Manica intorno al golfo in cui sbocca la Senna, passa per Caen, Alençon, Poitiers, Niert, Chateauroux, Bourges, Auxerre, Bar-le-Duc, Nancy, e Metz, termina a Mezières, ma ricompare poi in un breve spazio a Boulogne sulla Manica, e circonda quasi completamente il bacino di Parigi, Orléans, Tours, Chalons, Rouen, Arras, ecc., occupato dai terreni più recenti. In questa zona

gli strati giuresi si rialzano verso l'esterno, appoggiandosi sulle rocce cristalline, paleozoiche e triasiche, del nord-ovest e del centro della Francia, dei Monti Vogesi e delle Ardenne, e si abbassano verso l'interno del bacino di Parigi, per andar sotto ai terreni più recenti. È quindi probabile che questi strati giuresi della Francia formino

Fig. 123. *Disposizione del terreno giurese in Francia.*

con quelli dell'Inghilterra un solo bacino, nel quale si sono deposti i terreni cretacei e terziarii dei bacini speciali di Parigi e di Londra.

Nella zona or ora descritta il terreno giurese è composto nel seguente modo:

Sul terreno triasico si appoggia immediatamente un' arenaria grossolana, che a Sémur contiene del ferro, ed è coperta da marne con cardinie e da un calcare per lo più nerastro, caratterizzato da molti fossili, ma specialmente dalla *Gryphœa arcuata* e dallo *Spirifer Walcotii;* queste rocce formano per D' Orbigny il *piano di Sémur* o piano *sinemuriano.*

Sopra queste arenarie e calcaree del lias stanno delle argille grigie o nerastre, con minerali di ferro, oppure dei calcari di vario colore, con *Gryphœa cymbium* e *Ammonites margaritatus*, e formano per D'Orbigny un piano corrispondente al lias medio inglese, ossia il *piano liasiano.*

La parte superiore del lias è formata da calcaree argillose, da argille e da marne, con *Ammonites bifrons* e *radians*, *Posidonomya Bronnii* e *Lima gigantea*, che formano per D' Orbigny il *piano di Tours* ossia *piano toarciano.*

Certe marne ed ooliti ferruginose con molte ammoniti, bene sviluppate a Bayeux, e certe marne e calcaree con gessi, e molti fossili differenti, formano il più profondo gruppo dell' *oolite* (terreno giurese superiore), ossia il *piano di Bayeux* o *piano bajociano* di D' Orbigny.

Altre rocce calcaree composte di avanzi e detriti di conchiglie, polipai ed altri fossili, con *Ammonites macrocephalus*, *Ostrea acuminata*, *Terebratula digona*, ecc., ed alcuni marmi che furono paragonati ai *Forest-marble* d' Inghilterra formano il gruppo della *grande oolite*, oppure il piano *batoniano* di D' Orbiguy, corrispondente a parte dell' inglese gruppo di Bath.

Viene poi un argilla, chiamata *argilla di Dives*, che contiene la *Gryphœa dilatata*, la *Terebratula diphya* e l'*Ammonites Jason*, e forma per D'Orbigny il *piano calloviano*, così chiamato perchè paragonato all' inglese gruppo di Kellovay.

Sopra questa stanno altre argille con molti fossili, colle quali il D'Orbigny ha fatto il suo *piano oxfordiano*, corrispondente all'argilla d' Oxford.

Una serie di calcari grigi o bianchi, talvolta oolitici, ma quasi sempre zeppi di polipai (volgarmente chiamati coralli), di encriniti, di cidariti, ecc., e sovrapposti alle precedenti argille, forma un gruppo che il D'Orbigny chiamò *piano coralliano* perchè corrisponde al *coral-rag* degl' Inglesi.

Sopra questo gruppo a coralli si trovano delle marne gialle o azzurre, con *Gryphœa virgula*, bene sviluppata presso Boulogne e Auxerre, e paragonabili a quelle di Kimmeridge in Inghilterra, così che il D'Orbigny ne fece il suo *piano kimmeridgiano.*

Il terreno giurese di Francia termina superiormente a Boulogne, Auxerre, ecc., con un calcare compatto, che sembra la continuazione del calcare di Portland; e il D' Orbigny ne ha fatto il suo *piano portlandiano*, con *Ammonites giganteus*, *Trigonia gibbosa*, ecc.

Quanto al gruppo di Weald, non è ben distinto in Francia, a meno che si voglia considerare come a lui appartenenti certe argille che si trovano in due o tre luoghi, alla base dei terreni cretacei.

Più avanti vedremo la composizione del terreno giurese nel sud-est della Francia.

Riepilogando il terreno giurese della Francia settentrionale si divide nei seguenti gruppi:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Oolite | Piano portlandiano, | | |
| | » kimmeridgiano, | | |
| | » coralliano, | | |
| | » oxfordiano, | | |
| | » calloviano, | Grande oolite | |
| | » batoniano, | | |
| | » bajociano. | | |
| Lias | Piano toarciano | | |
| | » liasiano | | |
| | » sinemuriano. | | |

Dalla composizione di questo terreno giurese in Francia, si possono dedurre le stesse conseguenze che dal tipo inglese sui cangiamenti che devono essere avvenuti nel mare di quell'epoca e negli animali allora viventi.

**133. Terreno giurese della Germania settentrionale.** — A ponente dell'Harz v'hanno molti monti isolati e colline, dirette generalmente da sud-est a nord-ovest, che hanno il loro nucleo di terreno triasico, circondato da strati del terreno giurese; or bene, questo terreno giurese della Germania settentrionale, che si vede specialmente bene sviluppato alla *Porta vestfalica,* ha una composizione che corrisponde molto bene a quella dello stesso terreno in Inghilterra e in Germania. Si distinguono in esso, partendo dal basso, le seguenti parti:

1.° *Untere Lias* o *Lias inferiore,* arenarie giallastre e con impronte di piante, che passano alle arenarie triasiche, così insensibilmente, da non potersi segnare un limite preciso fra le une e le altre.

2.° *Gryphiten-Kalk*, calcari e marne con *Gryphæa arcuata* ed altri fossili.

3.° *Belemniten-Schichten*, arenarie ferruginose e marne con molte belemmiti, con *Gryphæa cymbium,* con varie terebratule, ecc., corrispondenti al piano liasiano di D'Orbigny;

4.° *Posidonien-Schiefer*, scisti marnosi e biluminosi con *Posidonia Bronni;* e *Opalinus-thon* ossia marna o argilla con *Ammonites opalinus* e *Trigonia navis*, corrispondenti al piano toarciano, e formanti la parte superiore del lias germanico;

4.° *Dogger*, arenarie con minerali di ferro, argille scistose e ferruginose, con ammoniti, belemniti, trigonie, ecc. del piano bajociano;

5.° Diversi calcari, talvolta con nuclei ferruginosi, con argille, ecc. che formano il gruppo di Bath.

6.° *Oxford-thone,* ossia argille comparabili a quella di Oxford;

7.° Arenarie, calcari ed ooliti, spesso con molti polipai (coralli), oppure trasformate in dolomie con fossili non ben determinabili, che rappresentano il piano coralliano.

8.° Marne calcaree, che rappresentano il piano portlandiano;

9.° Marne con ferro argilloso, sabbie, arenarie, scisti argillosi con depositi di carbon fossile, ed argille con crostacei, paludine, altre conchiglie d'acqua dolce, ed avanzi di tartarughe, che formano un tutto equivalente al gruppo inglese del Weald.

Come siano questi piccoli gruppi distribuiti nei cinque grandi gruppi del Weald, di Portland, di Oxford, di Bath, e del Lias, si vede nella tabella a pag. 261.

**134 Terreno giurese del Giura e della Francia meridionale.** — La già descritta zona del terreno giurese, che circonda il bacino di Parigi, si allarga fra Auxerre e Besançon e viene così a congiungersi con un' altra zona dello stesso terreno, che forma tutta quanta la catena del Giura, e che si distende verso mezzodì lungo la sinistra del Rodano fino al Mediterraneo, e verso nord-est passa il Reno fra Basilea e Zurigo, e va a formare le Alpi del Wurtemberg e della Franconia. Dalla stessa zona che circonda il bacino di Parigi parte un' altra zona di terreno giurese che scende verso sud e poi si ripiega ad est, circonda il centro cristallino della Francia, passando per Cahors e Rhodes, e va a congiungersi a Valenza colla zona che fa seguito al Giura.

In quest'ultima zona, che ha quasi la forma di un V, e sta a ponente, a mezzodì ed a Levante del centro cristallino della Francia, gli strati giuresi si sollevano verso questo centro, e si abbassano invece e vanno a nascondersi sotto i terreni più recenti, su cui stanno Bordeaux, Montpellier e Marsiglia, ecc. Il centro cristallino della Francia forma quindi come una specie di isola che sorge e solleva tutt'all' intorno gli strati giuresi.

Nel Giura gli strati giuresi si abbassano tanto verso la Francia, quanto verso la Svizzera, per passar sotto ai terreni più recenti, e si rialzano a guisa di cupola, anzi sono molte volte ripiegati, contorti e rotti nel centro della catena montuosa, nel modo indicato dalla figura 104, a pag. 244.

Nel Giura e nella parte di Francia che gli è vicina il terreno giurese si compone come segue:

1.° Un gruppo di *arenarie con grifee ed ammoniti* che non si possono ben separare dalle arenarie triasiche sulle quali si appoggiano, specialmente presso Sciaffusa, Argovia e nell'Alta Saona;

2.° Un *calcare liasico con grifee*, bene sviluppato nei cantoni di Basilea e Argovia, e coperto da marne scistose e ferruginose, con *Cardinia concinna, Lima gigantea, Amm. psilonotus*, ecc.;

3.° Un gruppo di marne spesso bituminose, che si trasformano in fango plastico coll'acqua, con calcari compatti contenente la *Gryphœa cymbium*, la *Terebratula numismalis*, ecc., e con altri banchi calcarei con molte belemniti;

4.° Un gruppo di *scisti bituminosi*, che presso Boll nel Wurtemberg contengono molti fossili;

5.° *Marne azzurre con piriti* e diversi fossili;

6.° *Arenarie e marne rossastre* con *Ammonites opalinus* e piante fossili;

7.° *Oolite ferrúginosa;*

8.° *Calcare di Lons (Calcaire laidonien)* con polipi e d'altri fossili;

9.° *Marna di Vésoul (Marne vésoulienne)* con *Ostrea acuminata;*

10.° *Calcare oolitico;*

11.° *Calcare grigio-azzurro;*

12.° *Calcare madreperlaceo (Perlmutterkalk, dalle nacrée)*, calcare zeppo di laminette splendenti come la madreperla;

13.° *Marne calcaree*, scistose, con telemniti;

14.° *Marne argoviane*, di Argovia, bituminose, nerastre, con fossili spesso trasformati in piriti chiamate *Lettstein* nel paese;

15.° *Calcare a nuclei* (*Calcaire à chailles*), calcare di colore ocraceo, con palle e nuclei di colore bianco, di calcare concrezionato, e così zeppo talvolta di encrini, che questi vi formano, per così dire, delle selve;

16.° *Calcare a coralli*, con polipai e altri fossili;

17.° *Calcare a nerinee*, calcare con particolari fossili (*Nerinea Bruntruthana*), deposito speciale dell'Alta Saona;

18.° *Marne e calcari con astarti* (*Calcaire sequanien*) con scisti calcarei e arenarie, e con alcuni strati zeppi di *Astarte gregarea*;

19.° *Calcari compatti e marne* con nidi spatici e con pochi fossili del gruppo di Kimmeridge;

20.° *Marne grigie* con *Exogyra virgula*, scisti calcarei, coralli ecc., e di varia composizione a seconda dei luoghi.

I gruppi 1, 2 e 3 formano il lias inferiore e medio; i gruppi 4, 5 e 6 il lias superiore; i gruppi 7, 8, 9, 10, 11 e 12 l'oolite inferiore; il 13° e il 14° la serie d'Oxford; il 15, il 16°, il 17° e il 18° la serie coralliana; il 19° e il 20° la serie di Kimmeridge; il 21° e il 22° la serie di Portland.

Tutti questi strati, studiati particolarmente da Thurmann, Gresly

e Marcou variano moltissimo da un luogo all'altro, secondo che si sono formati presso le rive, o in alto mare, secondo la profondità del mare in cui si sono deposti, ecc., così che non è sempre facile distinguere un gruppo dall'altro, senza servirsi bene di tutti i criterii necessarii.

**135 Terreno Giurese della Germania meridionale.** — Ho detto che la zona de' monti Giuresi passa il Reno fra Basilea e Zurigo, dov'è però molto ristretta, passa poi per Sciaffusa, e di là si dirige verso nord-est, fin a Baireuth e Hildburghausen, passando dapprima fra Ulma e Stoccarda, e poi fra Regensburg e Nurnberg, e formando le catene montuose chiamate *Rauchen Alpen* e le Alpi della Franconia ossia la Svizzera Franconese. Gli strati componenti questa zona si innalzano verso nord-ovest e si appoggiano sulle rocce triasiche della Selva Nera e dell'Altipiano Svevo, si abbassano verso sud-est e vanno a passar sotto i terreni più recenti nel centro dei quali trovasi Monaco.

Questi strati furono distribuiti in tre grandi gruppi, denominati secondo il loro colore dominante, e suddivisi poi in parti distinte con nomi tolti dai fossili che contengono, e che si ritennero caratteristici. Il terreno giurese si divide dunque in questa zona in tre parti principali: *giura nero, giura bruno* e *giura bianco,* essendo quest'ultimo la parte più moderna, e il primo la più antica,

Il *giura nero,* che corrisponde al lias degli altri paesi, è formato:

1.° Da banchi calcarei e argillosi, che passano ad un'arenaria simile a quelle del trias, ma con fossili diversi, e particolarmente con *Cardinia concinna* e *Ammonites psilonotus,* che fu detta dai tedeschi *Concinnen-sandstein*:

2.° Da calcaree e marne e scisti argillosi, che contengono molti fossili trasformati in pirite, e particolarmente l'*Ammonites Turneri*, e formano pei Tedeschi il gruppo della *Turneri-thon*;

3.° Dalla *Numismalis-thone,* argilla e marna con *Terebratula numismalis*, ed altri fossili trasformati in pirite;

4.° Dall'*Amaltheen-thone,* o argilla con nuclei, minerali di ferro e coll' *Ammonites amaltheus*;

5.° Dai *Posidonien-schiefer*, scisti bituminosi, spesso elastici, ed anche combustibili, con posidonie, altri molluschi fossili ed una grande quantità di ittiosauri e pesci specialmente presso Boll, ma facili a distruggersi perchè con molta pirite;

6.° Dalla *Jurensis-mergel* o marna grigia con molte belemniti e con *Ammonites jurensis*;

7.° Dall'*Opalinus-thon,* argilla con *Ammonites opalinus* e con *Tri-*

*gonia navis*, che fu ora messa nella parte superiore del giura nero ed ora nella parte inferiore del giura bruno;

Il giura bruno non ha che sei suddivisioni, che sono:

1.° Arenarie e marne sabbiose, che si appoggiano sul Giura nero;

2.° Oolite ferruginosa con *Pecten personatus* ed altri fossili;

3.° Calcare azzurro, adoperato nelle costruzioni e per le strade;

4.° Marne con *Belemnites giganteus;*

5.° Argilla nera con fossili trasformati in pirite, e chiamata *Parkinsoni-thon* dai Tedeschi perchè ricca di *Ammonites Parkinsoni*:

6.° *Ornathen-thon*, altra argilla analoga alla precedente, con *Ammonites ornatus* e piccoli crostacei, e colla quale termina il Giura bruno superiormente.

Il Giura bianco è per lo più formato da calcari bianchi o da dolomie, ricchi di coralli ma poveri di cefalopodi fossili, ed atti a rendere molto pittoresche le valli profonde che l'attraversano. Sono sue parti:

1.° L'*Impressa-kalk* o calcare con *Terebratula impressa;*

2.° Un calcare di color chiaro, spesso a pareti molto scoscese;

3.° Diverse ooliti, che facilmente si dividono in pezzetti angolosi, contengono la *Terebratula laciniosa*, ma anche molti coralli e formano il gruppo della *Scyphiten-kalk;*

4.° Altre rocce calcaree, spesso trasformate in dolomie, in depositi molto potenti e senza tracce di stratificazioni, alle quali specialmente devono il loro carattere pittoresco le valli delle Alpi sveve e franconesi.

In quest'ultime dolomie sono frequentissime le caverne, spesso ossifere e molto complicate, come quelle che hanno reso celebri Muggendorf, Gayleureuth e Streitberg.

Finalmente, sopra al Giura bianco, in un breve spazio, nella contea di Pappenheim, si trova un deposito di calcari scistosi a grana finissima, così che formano delle *pietre litografiche* buonissime e adoperate in gran parte d'Europa. Si cavano particolarmente presso Solenhofen e Kelheim, e contengono molti avanzi benissimo conservati di animali leggeri, fragili e facili a guastarsi, cioè di insetti e crostacei. — Presso Lione fu trovato un gruppo analogo e analogamente collocato, con rettili, pesci ed altri fossili, ma che non può dare buone pietre litografiche essendo troppo frequenti negli strati le vene e le spaccature.

**136. Terreno giurese delle Alpi.** — Abbiamo veduto dividersi facilmente il terreno giurese in 20 piani ben distinti in Inghilterra, in 10 piani nella Francia centrale e settentrionale, in 9 piani

nella Germania settentrionale, in 22 piani nel Giura e nel sud-est della Francia, in 17 piani nelle Alpi sveve e franconesi; se ora noi attraversiamo quella specie di alta pianura, sul cui centro sta Monaco, e passiamo così dalle montagne or ora citate alle Alpi propriamente dette, troviamo il terreno giurese ancora molto sviluppato, ma molto meno facile a dividersi in piani ben distinti, e contenere minor numero di alternanze di rocce calcaree e argillose, e predominarvi sempre le rocce calcaree, spessissimo trasformate in dolomie, le quali concorrono con quelle triasiche a rendere molto pittoresche tutte le valli e le montagne che ne sono formate.

Come il terreno triasico, così anche il giurese forma su ciascun versante delle Alpi una lunga zona, parallela alla direzione generale della catena montuosa.

Una di queste zone parte dalle alte Alpi francesi e della Savoia, attraversa la Svizzera e va di là quasi in linea retta fino a Vienna. È però molto stretta finchè si trova nelle Alpi Svizzere, dove si vede nel Vallese sulla destra del Rodano, fra il lago di Thun e il gruppo montuoso del Finsteraar, nei dintorni d'Altdorf, di Glarns, di Wallenstadt, di Sargans, ecc., sempre frastagliata da altre zone di terreni più recenti o più antichi, in conseguenza delle grandi dislocazioni a cui andarono soggetti tutti i terreni in quelle complicatissime Alpi.

Altrettanto si osserva nella Savoia, dove si ritennero finora del terreno giurese anche tutte le altre rocce del così detto terreno antracitifero, già abbastanza descritte a proposito dei terreni carbonifero e triasico.

Finalmente nelle Alpi tedesche si distinguono varii piani, gli uni di scisti argillosi e marnosi, gli altri calcarei, e dei quali non è finora possibile trovare con esattezza la corrispondenza coi piani e gruppi distinti altrove. Tra questi piani si annoverano specialmente i *calcari di Adneth*, che si mettono nel lias, gli *scisti di Kössen* e il calcare detto *Dachstein*, che si vogliono collocare ora nel lias ed ora in un gruppo indipendente fra il lias e il trias, e poi i *calcari di Plassen*, *di Klaus-Alp*, *di Vils*, ecc., che si ritengono del gruppo dell' Oolite.

La zona meridionale è meno lunga, ma più larga e più conosciuta: non è bene sviluppata se non nelle Alpi lombarde e venete, e in quelle dell'Illiria, della Croazia e dell'Istria, giacchè nelle Alpi piemontesi non si riconosce più, sia per assoluta sua mancanza, sia per una trasformazione completa dagli strati giuresi, in modo d'esser cambiati nelle rocce cristalline, stratificate, ma senza fossili, che for-

mano anche le ultime ramificazioni di dette Alpi verso la pianura della Valle del Po.

Nel Veneto, nelle grandi vallate della Piave, del Brenta, dell'Astico, dell'Agno e dell'Adige, si trova sopra il trias un calcare ora cristallino ed ora compatto, rappresentato nelle altre parti del Veneto da scisti argillosi e da calcari con fossili liasici. Sopra questo vi hanno dei calcari compatti e brecciati, con pochi fossili, caratteristici dell'Oolite, e sono ricoperti da strati rossi conchigliferi e con impronte di piante a Rotzo nei Sette Comuni. Seguono poi altri strati di marmi rossi e gialli, e poi altri così ricchi di ammoniti da ricevere il nome di calcari ammonitiferi. Questi strati si possono riconoscere in tutto il Veneto occidentale, nel Bellunese e perfino in qualche tratto dei colli Euganei, e portano immediatamente sovr'essi le rocce cretacee.

In Lombardia il terreno giurese si riteneva molto semplice, formato interamente di calcari, bianchi e rossi superiormente, grigi nella parte di mezzo, e neri inferiormente, e dell'arenaria rossa che ora è collocata nel così detto verrucano. Recentemente si è trovato molto più complesso e formato, cominciando dal basso, dalle seguenti parti:

1.° Scisti marno-carboniosi con molti fossili, specialmente sviluppati ad un luogo presso Lecco, chiamato *l'Azzarola;* formano perciò il così detto *deposito dell'Azzarola;* corrispondono pei loro fossili agli scisti di Kössen delle Alpi austriache, e stanno immediatamente sulle lumachelle già descritte a proposito del terreno triasico;

2.° Un banco calcareo, quasi interamente composto di madrepore ed altri coralli, per cui fu detto *banco madreporico;*

3.° La *dolomia superiore,* gruppo di dolomie ben distinte per la loro posizione da quelle più antiche, spettanti al terreno triasico, e che concorrono con queste a rendere pittoresche tutte le vallate lombarde;

4.° Alcuni marmi bianchi, rossi e variati, più o meno ricchi di fossili, che si cavano specialmente ad Arzo, Saltrio e Viggiù fra Varese e Como, ma che però si ritrovano anche in altri luoghi;

5.° Un *calcare rosso ammonitifero,* il quale passa superiormente ad un altro calcare rosso con molti aptichi, e poi ad un calcare bianco compatto, che dal suo aspetto particolare ebbe il nome di *marmo maiolica,* e chiude superiormente il terreno giurese di Lombardia.

Quest'ultimo gruppo merita singolare rimarco per i fossili che contiene, giacchè le ammoniti che vi si trovano riunite insieme appartengono a tutti i piani in cui il D'Orbigny ha diviso il terreno giurese, il che prova quanta poca fede si debba dare alle generalizzazioni eccessive insegnate da quel distinto geologo.

Tutti questi gruppi del terreno giurese formano attraverso le valli lombarde una zona, della quale non sono per anco ben definiti i limiti verso quella del terreno triasico, ma che termina verso mezzodì colle ultime più elevate propaggini delle Prealpi; i monti presso Varese, intorno a Como, sopra Erba, intorno a Lecco, al nord di Bergamo, di Brescia, ecc, sono del terreno ora in discorso. Le colline che trovansi fra questi monti e la pianura sono formate dai terreni cretacei e terziarii.

**137. Terreno giurese della Toscana.** — Il terreno giurese è poco sviluppato nella penisola italiana; giacchè gli alti monti vi sono generalmente formati dai terreni cretacei e terziarii inferiori, le colline dai terreni terziarii medii e superiori, e le pianure dai quarternarii; ma pure nel centro degli Apennini e in varii luoghi d'una particolare catena montuosa che fu detta *metallifera* perchè ricca di minerali metalliferi se ne vedono bastanti quantità per conoscerne la composizione e l' importanza.

Nell' Italia centrale si distinguono quindi due sistemi principali di montagne, l' uno dei quali comprende gli *Apennini* ed è diretto da ovest-nord-ovest ad est-sud-est, l'altro comincia colle alte montagne delle *Alpi Apuane* (che si staccano dall'Apennino tra Fivizzano e Castelnuovo e si estendono verso sud-sud-est) e continua nei *monti Pisani*, nella *montagnuola Senese*, nei *monti di Campiglia, di Massa Marittima, di Montieri e Gerfalco e di Gavorrano*, nel *monte Orsaio*, nei *monti di Cetona e di Capalbio*, nel *Promontorio argentale*, nelle *isole Giglio*, *Monte-Cristo* e *Giannutri*, e nell' *isola d'Elba*.

Questo secondo sistema di montagne, che differisce dagli Apennini per la direzione e per la struttura, forma la *catena metallifera*.

Oltre alla diversa direzione, altri caratteri distinguono questi due sistemi di montagne. La catena metallifera è formata di gruppi montuosi isolati, senza ramificazioni e contrafforti ed in essa si vedono sporgere i terreni secondarii e paleozoici; gli Apennini invece formano catene montuose continuate, con ramificazioni e contrafforti, e quindi anche con valli longitudinali e trasversali, e sono formati quasi unicamente dal terreno eocenico ossia terziario inferiore.

Oltre ai due accennati sistemi ve n' ha un terzo, che forma una gran zona da Monte Nero presso Livorno fino ad Acquapendente nello stato Romano, in una direzione che è quasi quella degli Apennini, e contiene numerose emersioni serpentinose, copiosi filoni metalliferi, i soffioni d'acido borico, ecc. Gli appartengono Monte Vaso, Monte Catini, ed i monti vulcanici di Amiata e di Radicofani.

Le Alpi Apuane formano una specie di elissi, nel centro del quale

vengono alla superficie del suolo gli strati più antichi, paleozoici, di verrucano, e sopra questi si appoggiano tutti all'intorno gli strati meno antichi, in modo di formare varie zone concentriche.

I monti Pisani formano un gruppo analogo a quello delle Alpi Apuane, e nel quale si vedono quindi tutti i terreni, dai paleozoici fino ai più recenti.

Altrettanto si può ripetere per gran parte degli altri gruppi montuosi spettanti alla catena metallifera.

In tutti questi gruppi montuosi il terreno giurese, che si appoggia o sul terreno triasico (formato dal calcare grigio cupo senza selce) o sul verrucano (del terreno carbonifero), è composto nel seguente modo:

1.° Il gruppo del *marmo salino,* formato di marmi saccaroidi, ceroidi o lamellari, senza selci, in cui sono le celebri cave di Carrara, del monte Altissimo o della Corchia nel Serravezzino, di Monte Rombolo nel Campigliese, ecc.;

2.° Il *calcare ammonitifero,* di color rosso mattone o bianco giallastro, con molti ammoniti ed altri fossili, spesso alterato in marmi, broccatelli, ecc., per l'azione delle rocce ignee;

3.° Gli *scisti varicolori,* rocce scistose ed arenacee alternanti con alcuni strati calcarei, nel loro stato naturale al golfo della Spezia, dove contengono molte ammoniti giuresi, ma alterate dal metamorfismo in Toscana e trasformate in scisti da coti, in diaspri, in scisti lucenti, in vere ardesie e in altre rocce che pel loro aspetto sembrano del gruppo del verrucano.

**138. Terreno giurese in altre parti d'Italia.** — Nei monti della Liguria il terreno giurese consta di diversi calcari, ma non è così complesso come in Toscana. Al golfo della Spezia, è rappresentato da scisti di colore lionato con ammoniti e belemniti, da un calcare grigio chiaro con selci, e da un calcare rosso ammonitifero; negli Apennini romani il terreno giurese è ancora molto sviluppato, contando molti calcari contenenti molti fossili, specialmente ammoniti, ben caratteristici; nell'Isola di Sardegna si trovano altri calcari, che si appoggiano direttamente sulle rocce paelozoiche e spettano decisamente all'epoca giurese.

Mi è impossibile aggiungere altri particolari intorno a questi terreni del nostro paese, sulla loro distribuzione geografica, sui luoghi ove si possono meglio studiare, sui fossili che contengono, ecc.; chi ne desiderasse, ne troverà molti nei già più volte citati miei *Cenni sullo stato geologico dell' Italia.*

**139. Continenti e mari dell'epoca Giurese.** — La fig. 124 mostra approssimativamente l'estensione dei continenti e dei mari du-

rante l'epoca giurese. Gran parte della Gran Bretagna formava un solo continente colla parte nord-ovest della Francia; la Scandinavia formava un secondo continente; un terzo era costituito da gran parte della Germania, un quarto dal centro della Francia. Si vedono bene alcuni effetti delle antecedenti dislocazioni; per esempio nelle due penisole che comprendono fra loro Strasburgo, e che devono la

Fig. 124. *Mare giurese.*

loro origine alle dislocazioni appartenenti al sistema del Reno. I sedimenti giuresi si deponevano in un mare frastagliato, che comprendeva il sud-est dell'Inghilterra, il nord-est della Francia, la Germania meridionale, le Alpi, l'Italia, ecc. Depositi di minore estensioni si producevano anche nel nord della Germania in Polonia, ecc.

Ma i sedimenti non erano dappertutto gli stessi; variavano anzi da un luogo all'altro, a seconda della corrente, della profondità del mare, della vicinanza dei continenti; e variavano anche in uno stesso luogo, in conseguenza di movimenti nel fondo del mare, o di cangiamenti nelle correnti, nei fiumi, ecc.

**140. Dislocazioni alla fine dell'epoca giurese. — Sistema della Costa d'Oro.** — Molte ma piccole variazioni di livello e d'estensione dovettero avvenire nei mari e nei continenti durante l'epoca giurese, ma nessuna di esse ha lasciato tracce ben evidenti nei sistemi montuosi; ed un solo sistema di dislocazioni si trova dai geologi essere avvenuto fra l'epoca giurese e la cretacea, così forte da dar origine a montagne od a movimenti di strati ora ben riconoscibili, e questo è il *sistema della Costa d'Oro*, che si mostra dal paese di Lussemburgo fino alla Roccella, in tutte le creste dei monti giuresi, nei monti della Costa d'Oro e del Morvan in Francia, e in qualche parte della Germania. Con ciò il continente germanico si unì con quello del centro della Francia, rimasero divisi i mari dell'Europa settentrionale da quelli dell'Europa meridionale, ed ebbero origine le differenze singolari che troveremo fra i terreni cretacei di queste due regioni, nordica e mediterranea.

**141. Animali e vegetali dell'epoca giurese.** — Gli abitanti dei mari e delle terre durante quest'epoca differiscono molto da quelli delle epoche paleozoiche: non esistono più quei singolari crostacei detti *trilobiti*, tutte le specie di quest'epoca sono differenti da quelle delle epoche precedenti, e sono novellamente comparsi i cefalopodi che hanno per tipo le *ammoniti*, e le *belemniti*, quei singolarissimi rettili che furono detti *ittiosauri* e *plesiosauri*, altri rettili, chiamati *pterodattili* (che non ho descritti prima e che erano veri rettili volanti alla guisa dei pipistrelli (fig. 127), perchè avevano un dito delle zampe anteriori sviluppatissimo ed unito al tronco ed alle zampe posteriori per mezzo d'una membrana atta a servire al volo), molti pesci nuovi, e finalmente quei singolari mammiferi di cui si trovano ogni giorno nuovi avanzi negli scisti di Stonesfield. Le piante giuresi non differiscono altrettanto da quelle viventi nelle epoche anteriori; si rimarcano ancora molte felci, e le cicadee e zamie del letto di fango di Portland, insieme con altre piante che sembrano appartenere alle conifere. La fig. 125 tolta da un disegno di Buckland, può dare un'idea dei più singolari viventi, di cui finisco di parlare.

Quanto alle *belemniti*, che sono fossili più o meno cilindrici e terminati a punta, per molto tempo non si seppe cosa fossero: ora, essendosene trovate di più complete e fornite di un imbuto a pareti sot-

tili all'estremità non terminata a punta, essendosi trovate con esse alcune borse con inchiostro ancora atto ad essere adoperato come il colore della seppia, ed essendosi scoperta una belemnite nel

Fig. 126 *Seppia a belemnite.*

Fig. 125. *Animali e piante dell'epoca giurese.*

mezzo di un'impronta che rammenta per la sua forma i molluschi cefalopodi nudi simili alla seppia ed ai calmari, non è più lecito dubitare della natura delle belemniti, e quantunque siano tutte piut-

Fig 127. *Pterodactylus longirostris.*

tosto grandi, non si può non paragonarle a quella punta piccola e dura con cui termina il così detto *osso di seppia*, ossia quel corpo pietroso e poroso, che si trova nel corpo della seppia. Si mettono dunque le belemniti nel gruppo dei molluschi cefalopodi nudi, insieme colle seppie, coi calmari, ecc. (fig. 126).

## TERRENO CRETACEO.

**142. Creta e suo terreno.** — I francesi chiamano *craie* un carbonato calcare terroso, bianco, che sporca le dita come il bianchetto da bigliardo, la terra di Vicenza e la calce viva, e si trova in grandi quantità intorno a Parigi; essi chiamano quindi *cretacé* il terreno che lo contiene. Per gli Italiani, *creta* è tutt' altra cosa: è l'argilla o la terra con cui si fanno le stoviglie e i mattoni; ma forse non sapendosi come far meglio altrimenti, è invalso l' uso di chiamare *creta* anche la *craie* dei francesi, e *cretaceo* il terreno di cui essa fa parte. Il terreno cretaceo forma dunque la parte superiore dei terreni secondarii, e sta immediatamente sotto ai terziarii. Non è sempre facile distinguerlo nettamente da quelli che stanno sopra e sotto, non essendovi quasi mai un limite esattamente o nettamente definito. Ciò si osserva specialmente in Francia e in Inghilterra, per il limite fra il terreno giurese e il cretaceo, dove il terreno del Weald forma, per così dire, un anello intermedio; ed anche in Italia, e particolarmente in Lombardia e nel Veneto, essendovi un completo passaggio dall'uno all'altro terreno.

Vediamo come sia formato il terreno cretaceo nei principali paesi d'Europa.

**143. Il terreno cretaceo d' Inghilterra,** fatta astrazione del gruppo del Weald, si divide in otto parti ben distinte, che sono, cominciando dalla più antica, le seguenti:

1° *Lower-green sand* o *sabbia verde inferiore*, che altri chiamano anche *grès verde inferiore*, perchè spesso trasformata in arenaria; molto simile per aspetto alle sabbie di Hasting, ma senza conchiglie d'acqua dolce, e con molti fossili marini, come *Perna Mulleti*, *Terebratula oblunga*, *Toxaster complanatus*; bene sviluppata presso Folkstone;

2° *Speeton-clay*, argilla che non si trova se non nell' Yorkshire;

3° *Shanklin-sand,* sabbia bene sviluppata a Shanklin e in pochi altri luoghi;

4° *Gault,* marne azzurre o grigie, della potenza di 45 a 200 metri, con molta calce fosfata, che sembra formata di avanzi di coproliti, e con molti fossili, *Hamites attenuatus, Rostellaria Parkinsoni*, *Trigonia aliformis,* ecc.,

5° *Upper-green-sand*, *sabbia verde superiore*, anch'essa con molta calce fosfata, con molti fossili caratteristici, *Ammonites rhotomagensis*, *Holaster truncatus*, ecc.

6° *Chalk-marl*, *marna calcarea*, colla quale comincia il gruppo della vera *creta;* contiene delle concrezioni silicee che sono dette *cherts*;

7° *Lower-chalk* o *grey-chalk*, o *creta superiore* o *grigia*, attraversata da molti straterelli di pietre focaje, e ricca di fossili, specialmente ammoniti ed altri cefalopodi;

8° *Upper-chalk*, o *creta superiore*, bianca, con particelle silicee finissime e con straterelli di pietre focaje.

Questa creta con cui termina superiormente il terreno cretaceo, ha una composizione assai singolare. Sottoponendola ad una lavatura accurata, la quale porti via tutte le particelle calcaree, rimane una quantità di granelli piccolissimi silicei; la porzione portata via dall'acqua riesce poi formata di purissimo carbonato di calce terroso, che sembra calce viva, ma che fa vivissima effervescenza coll'acido nitrico. Quando invece la creta non lascia quel residuo di granelli silicei, tutta la silice si trova agglomerata in noduli e nuclei di pietra focaja, per lo più in forma schiacciata a guisa di focaccia; oppure compenetra gli avanzi dei fossili, trovandosi trasformate in silice ora soltanto le parti carnose dell'animale ed ora soltanto la conchiglia o il guscio. — Esaminando poi la creta al microscopio si trova interamente formata da un'innumerevole quantità di gusci di animaletti piccolissimi e di piante microscopiche, gli uni calcarei, gli altri silicei, e tutti assai analoghi a quelli che anche attualmente coprono gran parte del fondo del mare fra l'Europa e l'America e in molti altri luoghi. Gli animaletti si chiamano in genere *politalamici* o *rizopodi*, le piante *bacillarie, desmidiacee*, ecc.; di quelli e di queste possono dare un'idea le figure a pagina 314.

Se si mette anche tutto il gruppo del Weald nel terreno cretaceo; questo terreno costituisce il suolo di tutto il sud-est dell'Inghilterra, da Lynn (contea di Norfolk) sul mare del nord e dalla penisola di Portland (presso Dorchester) fin alle coste della Manica, meno una zona terziaria che contiene Norwich, Ispwich, Chelmsford, Hertford, Londra e Reading.

Il gruppo del Weald occupa particolarmente uno spazio elittico, nel sud-est dell' Inghilterra, diretto appress'a poco da est ad ovest, e troncato obbliquamente dalle coste della Manica fra Douvres e il Capo Beachy; forma poi un piccolissimo lembo al di qua della Manica, in Francia, intorno a Boulogne.

**144. Nel Belgio** il terreno cretaceo occupa poco spazio, intorno ad Aquisgrana (Aix-la-Chapelle, Aachen); si apppoggia sulle rocce palleozoiche, e conta varie suddivisioni: un'argilla che fu detta *Baggert* dai minatori del paese, alcune arenarie e sabbie attraversate da tubi

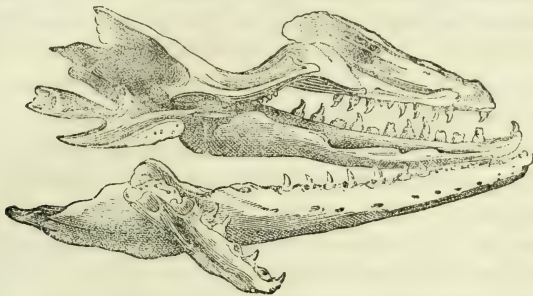



Fig. 128. *Testa del mosasauro di Mästricht.*

fra loro intrecciati, la creta bianca colle solite pietre focaje, una breccia con ciottoli, denti di pesci ed ossami di rettili, ed un calcare giallastro, ricchissimo di fossili d'ogni specie a Mästricht.

Nella montagna di S. Pietro presso Mästricht questo calcare giallastro fu scavato da innumerevoli cunicoli per averne materiali da costruzione; e qui furono trovati molti avanzi d'animali e specialmente del famoso *Mosasauro* (fig. 128), gran rettile marino, che doveva forse avere 7 metri di lunghezza.

**145. Nell'isola di Seeland in Danimarca** si è pure trovato un ricco deposito di terreno cretaceo, con varii fossili particolari, *Nautilus Danicus,* crostacei, ed altri.

**146. Nella Germania** non si trovano che pochi tratti di paese occupati da questo terreno: la Selva Teutoburga nella Vesfalia, qualche porzione della Boemia e della Sassonia, ecc.

Il gruppo montuoso chiamato Selva Teutoburga (Teutoburger-Wald) ha il nucleo di terreno trasico, ricoperto da un mantello di rocce cretacee (arenarie, calcaree, creta bianca, ecc.), che si possono fino a un certo segno paragonare ai gruppi distinti in Inghilterra.

Nel terreno cretaceo della Boemia e della Sassonia, al piede meridionale dei Monti dei Giganti (Riesen-Gebirge) si distinguono dal basso all'alto i seguenti gruppi:

1.° *Unterer Quadersandstein,* arenaria facile a dividersi naturalmente in parallelepipedi, dal che venne il suo nome;

2.° *Arenarie con exogire,* particolare genere di conchiglie;

3.° *Plänersandstein,* arenaria che si divide facilmente in falde pa-

rallele e sottilissime, ricoperta in pochi luoghi soltanto da un calcare con ippuriti;

4.° *Plänerkalk*, calcare di varia natura, divisibile in lastre;

5.° *Oberer Quadersandstein*, arenaria simile a quella del numero 1.

**147. Terreno cretaceo in Francia.** — La disposizione delle rocce già emerse dal mare ha fatto sì, che il terreno cretaceo vi forma tre bacini principali: il primo intorno a Parigi e verso la Manica, compreso fra i rialzi giuresi dei monti Vogesi, del centro e del nord-ovest; il secondo lungo il corso della Garonna, fra il centro della Francia, i Pirenei e l'Atlantico; il terzo lungo il Rodano, fra il centro della Francia, il Giura, le Alpi e i monti di Rhodes e Montpellier. In ciascuno di questi bacini, perchè divisi anche nell'epoca cretacea, così che vi furono tre mari distinti, il terreno in quistione ha tre composizioni alquanto diverse.

Nel bacino di Parigi si distinguono otto gruppi ben definiti, che sono:

1.° *Gruppo neocomiano inferiore*, di sabbie bianche e ferruginose e di marne con *Ostræa Couloni, Crioceras Duvali, Toxaster complanatus*, ecc., e di marne grigie con *Exogyra subplicata* ed *Ostrea Leymerii*, che costituiscono il *piano neocomiano* D'Orbigny;

2.° *Gruppo neocomiano superiore*, di marne grigie o gialle e di argille con *Plicatula placunea* ed altri fossili, che formano per D'Orbigny il *piano aptiano*, bene sviluppato nei d'intorni di Apt.

3.° *Gault*, composto di argille e arenarie quarzose con *Trigonia aliformis, Nucula pectinata, Inoceramus sulcatus*, ecc., e costituente il *piano albiano* di D'Orbigny, il *gres verde inferiore* d'altri geologi;

4.° *Creta cloritica* o creta zeppa di granelli verdi ferruginosi, *piano cenomaniano* (del Mans) di D'Orbigny, con *Cardium hillanum, Exogyra columba, Ammonites rhotomagensis*, ecc.;

5.° *Craie tuffeau* dei Francesi, ossia creta giallognola o biancastra, con molti granelli verdi, ora poco soda ed ora molto, in modo da servire come pietra da costruzione; contiene *Ammonites Lewesiensis, Acteonella crassa, Inoceramus problematicus, Trigonia scabra*, ecc., e forma per D'Orbigny il *piano turoniano*, ossia della Turena.

6°. *Creta bianca*, la vera creta dei dintorni di Parigi e specialmente di Meudon, dove si lavora e se ne fanno piccoli pani ed anche piccole bacchette per disegnare sulla tavola nera; è identica a quella d'Inghilterra, forma il piano di Sens o *piano senoniano* di D'Orbigny;

7.° *Calcare pisolitico* dei dintorni di Parigi, da alcuni collocato nel terreno cretaceo, da altri nel terziario inferiore.

Il terreno cretaceo così composto si estende per tutto lo spazio compreso fra Caen, Poitiers, Bourges, Bar-le-Duc, Meziers, Arras e

le coste della Manica; e sembra che una volta sia stato unito con quello del sud-est d'Inghilterra, col quale ha moltissime analogie.

Si vede alla superficie del suolo lungo i limiti del bacino, là dove si appoggia sui terreni più antichi, ma si abbassa nel mezzo ed è ricoperto dai terreni terziarii; i quali però lo lasciano vedere in moltissimi altri luoghi, per le valli e spaccature da cui sono interamente attraversate.

Nel sud-ovest della Francia, nel bacino della Garonna, il terreno in discorso ha la stessa disposizione che nel bacino precedente, ma è quasi intieramente coperto dai terreni terziarii, e non si vede alla superficie del suolo se non al piede dei Pirenei, e in una zona da Cahors all'Atlantico, dove esso terreno si vede appoggiato sulle rocce

Fig. 129. *Hippurites organisans.*

Fig. 130. *Sperulites ventricosa o Radiolites turbinata.*

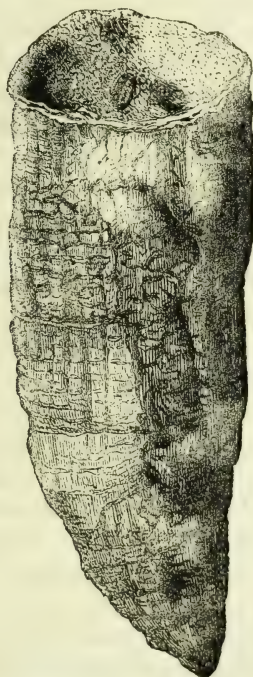



Fig. 331. *Hippurites bioculata.*

giuresi. La sua composizione differisce alquanto da quella del bacino di Parigi, presentando, dal basso all'alto, delle argille con carbon

fossile imperfetto e con *rudisti* (ippuriti e radioliti, singolarissimi fossili, che una volta si credettero formare un particolare ordine di molluschi, ma che ora si sono meglio studiati e si collocano cogli acefali o lamellibranchi) e delle marne calcaree con altri rudisti, così disposte, che vi furono distinte tre zone, corrispondenti a tre piani del bacino di Parigi.

Nel bacino del Rodano il terreno cretaceo somiglia a quello della Svizzera e della Savoia.

**143. Terreno cretaceo delle regioni Alpine.** — Lungo il limite settentrionale della zona giurese del versante francese e tedesco delle Alpi si stende una zona strettissima e non sempre continua di terreno cretaceo; ed un'altra zona analoga si trova lungo il versante svizzero del Giura e di là si unisce a quella del bacino sud-est della Francia. In queste zone il terreno cretaceo consta di marne, di calcari, di arenarie e di scisti marnosi, e si divide in piani ben caratterizzati da fossili, ostriche, caprotine, ananchiti, spatanghi, inocerami, ecc. Fu studiato particolarmente al Monte Salève ed alla Perdita del Rodano (luogo ove il Rodano si affonda nel suolo e scompare quasi affatto fra le rocce per ricomparire più in basso nella valle), presso Ginevra, fra Chambery e il lago di Ginevra, ecc. La sovrapposizione di queste parti si vede indicata nella tabella a pagina 260.

Sul versante meridionale delle Alpi il terreno cretaceo è abbastanza bene sviluppato, formando una zona ben distinta in Lombardia e nel Veneto.

In Lombardia possono servire di tipo i tre gruppi di strati che furono distinti nella Brianza, e che sono: un *calcare marnoso con catilli*, sviluppato specialmente a Breno ed al nord del colle di Montevecchia; una *puddinga grigia con ippuriti*, che si lavora a Sirone per farne macine; ed una serie di *arenarie* e di *calcari psammitici*, che stanno immediatamente sul terreno giurese. Il calcare a catilli è frequentemente rosso e somiglia molto al calcare rosso ammonitifero giurese, anzi fu confuso con esso per molti anni e si ritrova anche presso Varese, fra Como ed Erba, e in molte colline al piede delle Alpi nel Bergamasco e del Bresciano. La puddinga con ippuriti si trova anch'essa in varie colline del Bergamasco e del Bresciano. I calcari psammitici, perchè quasi senza fossili, sono difficili a riconoscersi esattamente, potendosi confondere con altre rocce analoghe, ma d'altr'epoca.

Nel Veneto il terreno cretaceo forma una zona al piede delle Alpi, e consta quasi soltanto di calcari. Quello che sta immediatamente sul terreno giurese è bianco, somiglia al marmo maiolica di Lombar-

dia, ma contiene fossili indubbiamente cretacei; si chiama volgarmente *miancone.* Sopra questo si adagiano dei calcari argillosi e marnosi, rossi e bianchi, che contengono fossili del *gault* e della creta bianca di Francia, e formano il gruppo detto della *scaglia.*

**149. Terreno cretaceo della penisola italiana.** — Nella Liguria si trova appena nella parte verso la Francia, nelle valli della Roia e del Varo, formato da calcari e diversi con fossili caratteristici.

Al golfo della Spezia è formato da strati di calcare grigio-cupo, con fossili del gruppo neocomiano, e dal marmo *portoro,* nero con vene gialle.

In Toscana è poco comune, consta di un calcare grigio-cupo senza selce, simile a quello della Spezia, e di alcune argille scistose ed a varii colori, che furono detti *scisti galestrini;* e si vede qua e là insieme col terreno giurese, e specialmente nelle Alpi Apuane e nei monti Pisani.

Nella catena degli Apennini è ancora composto di calcari, quasi sempre con ippuriti, e si vede a fianco del terreno giurese negli Apennini Romani e Napoletani, al Monte Gargano e in Sicilia.

**150. Mari e continenti nell'epoca cretacea.** — Per le dislocazioni spettanti ai sistemi della Costa d'Oro e del Vercors, che fecero emergere parte dei terreni giuresi, l'estensione e la distribuzione dei mari furono alquanto variate (fig. 132). Il continente formato dall'Inghilterra e dal nord-ovest della Francia si unì con quello formato dal centro della Francia e da buona parte della Germania; una lunga e stretta isola fu formata fra Salisburgo e Avignone, come il primo embrione delle Alpi; un'altr'isola fu fatta dai Pirenei già abbozzati fin dall'epoca giurese.

Parigi e Londra rimasero in mezzo di un vasto golfo del mare disteso fra la Germania e la Scandinavia; Bordeaux fu nel centro di un altro golfo; Marsiglia, Nizza, Genova, la Lombardia, il Veneto, l'Istria, la Toscana e la Germania orientale formarono un'altro mare, al quale si collegava un canale ristretto, che passava per Monaco, Zurigo, Ginevra e Avignone, fra l'embrione delle Alpi e il continente franco-germanico.

Poche variazioni avvennero durante l'epoca cretacea stessa, per opera delle dislocazioni appartenenti al sistema del Monte Viso.

**151. Animali e vegetali dell'epoca cretacea.** — Durante il passaggio dall'epoca giurese alla cretacea e durante quest'ultim'epoca andarono cambiandosi al solito le specie viventi sì nei mari che sulla terra ferma, ma non avvennero grandi mutazioni nei generi

e nelle classi. Continuarono a vivere i cefalopodi ammonitidi, i grandi rettili, le tartarughe. Comparvero però i veri pesci squali (ai quali appartiene il pesce cane), che continuarono poi a vivere fino ai nostri

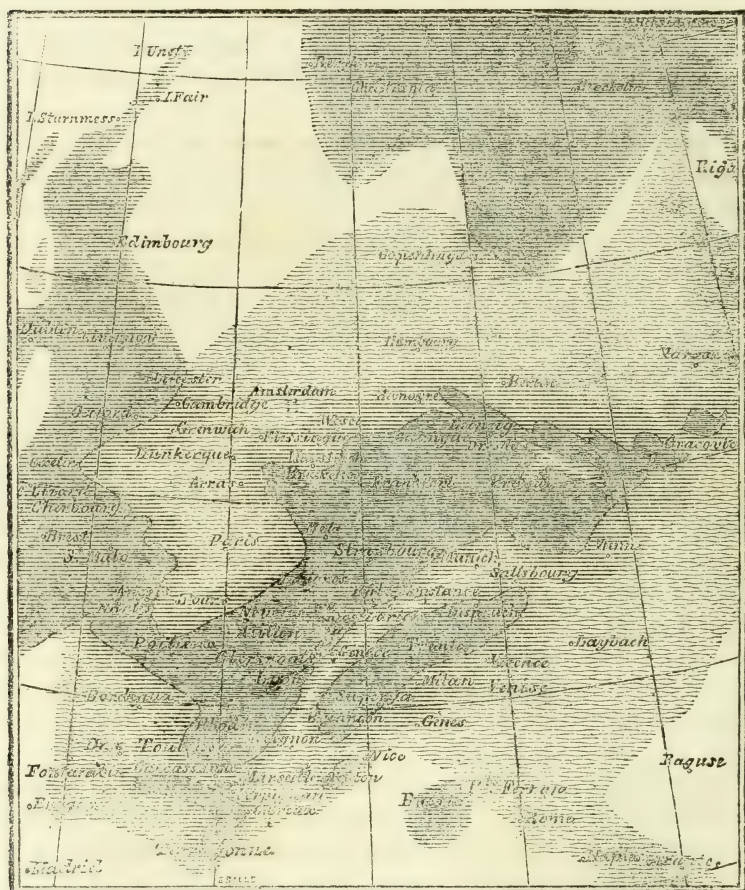



Fig. 152. *Mare cretaceo.*

giorni. Scarsi dovettero essere i mammiferi terrestri, perchè non se n' è trovato alcun avanzo nel terreno cretaceo.

Quanto alle piante, v'erano felci, cicadee e conifere come nell' epoca precedente.

**152. Dislocazioni e denudazioni. Sistemi del Monte Viso e dei Pirenei.** — A metà dell'epoca cretacea e verso la sua fine avvennero le dislocazioni del *sistema del Monte Viso*, del quale si

trovano le tracce intorno allo stesso Monte Viso, nelle Alpi del Delfinato, nella Vandea, in Ispagna ed in Grecia; ma furono di poca importanza. Molto più forti e più estese furono quelle del *sistema dei Pirenei*, per le quali acquistarono la loro forma attuale queste montagne, e sorsero molte parti degli Apennini, delle Alpi, dei Carpazii, dei Balcani e della Grecia.

Sembra che queste dislocazioni abbiano anche prodotto la formazione del canale della Manica, mediante il distacco delle terre inglesi dalla Francia, facendo così dell'unico bacino di Londra e Parigi due bacini distinti. Prima però di avvenire questo distacco sembra che sia stato quel paese molto tempo sott'acqua, così che vi si produssero molte corrosioni e denudazioni, per le quali ora si trova a nudo, alla superficie del suolo, il gruppo del Weald, invece d'esser coperto dal terreno cretaceo, e in moltissime parti d'Inghilterra e di Francia si vedono molti singolarissimi massi di creta isolati e disposti come gli scogli ed i frastagli delle scogliere a picco dell'epoca attuale.

**153. Origine della creta.** — Abbiamo veduto che la creta è composta di gusci calcarei e spesso anche silicei di esseri viventi microscopici; è quindi indubitato che ad un immenso sviluppo di questi esseri si deve quella singolarissima roccia così comune nell'Europa centrale, rara o affatto mancante nei paesi intorno al Mediterraneo. Ma in quali circostanze si è dessa formata?

Chi ha studiato i banchi e i luoghi ove sorgono a milioni gli alberi pietrosi dei polipai nell'Oceano Pacifico, ha trovato che nel mezzo di questi così detti banchi di corallo si depone sul fondo una melma calcarea bianca, che consta di gusci di foraminiferi, di tritumi di polipai e di conchiglie, ed anche della materia fecale degli echinodermi e di molti molluschi e pesci soliti a mangiare i polipi che costruiscono i polipai pietrosi. Si trovarono pesci che mangiano i polipai viventi così come i buoi mangiano l'erba, ed hanno poi le intestina piene d'un fango bianchiccio e calcareo. La melma bianca dei banchi di corallo, fatta asciugare, riesce perfettamente eguale alla creta bianca di Francia. Questa si deve dunque essere formata come quella melma bianca degli Arcipelaghi dell'Oceano Pacifico.

Meno facile a spiegarsi è la formazione delle selci o pietre focaie disposte regolarmente a strati per entro la creta; anzi non pare che finora sia stata presentata una spiegazione abbastanza buona per essere generalmente accettata.

## IV.

## EPOCA TERZIARIA.

**154. Terreni terziarii.** — Ora passiamo ai terreni che somigliano ai sedimenti e alle altre produzioni attuali molto più che i precedenti, tanto per la loro natura, quanto per gli avanzi organici che contengono.

In alcuni paesi si è tentato di suddividerli così nettamente come si è fatto pei terreni più antichi, ma anche là non si è potuto riescirvi, perchè dappertutto formano un insieme, un tutto così ben unito, che non si può dividere in parti, le quali esistano o almeno siano indipendenti in tutti i paesi. Ora manca una parte, ora manca l'altra, ed ora passano l'una all'altra insensibilmente, così che non si sa come separarle.

In generale però si sono potuti distinguere tre terreni terziarii, inferiore, medio e superiore, che si dissero anche *eocene, miocene* e *pliocene,* da varie parole greche, le quali indicano che il primo è, per così dire, l'*aurora* dell'epoca *recente,* il secondo è quello *di mezzo,* e il terzo è il *più recente* dei tre. Quando però si vogliono adottare queste denominazioni, proposte da geologi inglesi, bisogna far seguire subito al pliocene il *pliostocene,* che è il terreno *recentissimo,* quello che si formò immediatamente avanti l'epoca attuale (1).

I limiti superiore e inferiore del gruppo terziano sono tutt'altro che netti; v'hanno strati che alcuni geologi mettono nel terreno cretaceo ed altri nell'eocene, come v'hanno strati che non si sa dove porre, se nel pliocene o nel pliostocene, che appartiene all'epoca *quaternaria.* E un analogo passaggio insensibile, lo troveremo più avanti fra i terreni quaternarii e quelli che si formano tuttora.

## TERRENO EOCENICO
### OSSIA
## TERZIARIO INFERIORE E TERRENO NUMMULITICO.

**155.** Come il terreno cretaceo, questi formano diversi bacini ben distinti, i quali differiscono anche per la natura mineralogica e pei fossili che contengono.

(1) Vedasi a pag. 169 la spiegazione di queste parole.

**156. Bacino di Londra.** — I terreni cretacei formavano al principio dell'epoca eocenica un bacino, nel cui centro ora trovasi Londra, e nel quale si deposero varii gruppi di strati, che furono studiati con molta cura. Cominciano questi in basso con sabbie e argille variegate; segue *l'argilla di Londra*, che si vede ancora meglio sulle coste scoscese dell'Isola Sheppey davanti allo sbocco del Tamigi, e che contiene una sterminata quantità di frutti, di fiori, di foglie e rami, di pesci, di crostacei, di tartarughe, di rettili ed anche di uccelli e di mammiferi. Viene poi il *gruppo di Bagshot e di Brackleshan*, composto di sabbie e marne, con pochi fossili; poi altri strati d'analoga natura, che formano i *gruppi di Barton, di Headon* e *d'Osborne;* e finalmente, nell'Isola Wight, presso la costa meridionale della contea di Hamp, l'eocene è coronato da sedimenti d'acqua dolce, che contengono ossa e denti di mammiferi, pesci, conchiglie, gesso, ecc., e che formano il *gruppo di Brembidge* o *dell'Isola Wight.*

**157. Bacino di Parigi.** — Nel bacino formato intorno a Parigi dalle rocce cretacee si sono deposti dei sedimenti misti o alternanti, d'acqua dolce e marini, i quali devono essersi prodotti in una specie di estuario marino, in cui venivano a versarsi fiumi e torrenti d'acqua dolce, e forse venivano a sorgere varie acque cariche di gesso.

Sulle rocce cretacee o meglio sulla creta bianca sta un *calcare pisolitico*, che non contiene molti fossili e che fu considerato dal D'Orbigny della stessa età del calcare di Faxoe nell'isola Seeland in Danimarca, che appartiene al terreno cretaceo superiore e contiene il *Nautilus Danicus.*

Al calcare pisolitico, con questo deposito di Faxoe e con qualche altro fece dunque il D'Orbigny il suo *piano daniano.* Altri però ed anzi quasi tutti non sono ora del suo parere, e mettono quel deposito danese nel terreno cretaceo e sopra la creta bianca, ma mettono il calcare pisolitico nel terreno terziario inferiore. E questo specialmente perchè i fossili del calcare pisolitico differiscono più da quelli della creta che da quelli del terreno terziario, e perchè fra l'uno e l'altro gruppo si osserva nei dintorni di Parigi una vera discordanza di stratificazione, o almeno si vede che la superficie della creta bianca fu molta corrosa e guasta prima che vi si deponesse sopra il calcare pisolitico.

Sopra il calcare pisolitico v'è un deposito d'argilla, ora grigia, ora rossa, ora di altri colori, e attissima a fare stoviglie, per cui fu chiamata *argilla plastica.* Contiene conchiglie d'acqua dolce, avanzi di uccelli (*Gastornis*), di tartarughe, ecc. Superiormente si fa a poco a poco sabbiosa e passa ad un vero calcare grossolano sabbioso. Questo

gruppo forma per D'Orbigny il *piano suessoniano,* perchè da lui trovato bene sviluppato a Soissons.

Il precedente gruppo è coperto da un grosso deposito di *calcare grossolano,* che è formato totalmente di detriti, di conchiglie e coralli, e che è lavorato in grande quantità per tutte le costruzioni più o meno grandiose di Parigi, perchè è facilissimo a tagliarsi finchè è nella cava o ne è estratto da poco, ma poi diviene abbastanza duro per resistere alle intemperie. Contiene molti fossili, denti di *Lophiodon*, tracce di piante, conchiglie miste, marine e d'acqua dolce, ed anche un certo numero di nummuliti (fig. 133) nella sua parte inferiore.

Il calcare grossolano porta delle sabbie e arenarie, che sono dette *grès di Beauchamp*, poi un calcare silicifero, detto *calcare siliceo di S. Ouen*, che contiene conchiglie d'acqua dolce, piante acquatiche, ossa di mammiferi, ecc.; e poi il famoso gruppo dei *gessi di Montmartre,* che contengono una straordinaria quantità di avanzi di mammiferi. Vengono poi delle *marne con stronziana,* e le *pietre da macine della Brie,* che sono pietre silicee sparse di piccole cavità, così che servono bene a far macine, e colle quali termina superiormente il *piano parigino* di D'Orbigny.

Sopra gli strati precedenti stanno poi dei banchi argillosi con ostriche, delle arenarie che diventano molto quarzose e dure a Fontainebleau, così che servono a selciare le vie di Parigi sotto il nome di *grès di Fontainebleau,* le *pietre da macine di Montmorency,* e finalmente il *calcare* detto *della Beauce* perchè bene sviluppato in questo paese, che forma coi tre gruppi precedenti il *piano faluniano* di D'Orbigny, così chiamato perchè forse ha la stessa età relativa dei così detti *faluns* della Turena che verremo a conoscere fra poco, e che è collocato da molti nel terreno miocenico.

Fra i mammiferi contenuti nei gessi di Montmatre si annoverano specialmente i *paleoterii* e gli *anoploterii,* che furono studiati da Cuvier, e che diedero a questo insigne zoologo l'occasione di porre i primi fondamenti della anatomia comparata e della moderna paleontologia.

I paleoterii avevano la statura del cavallo, dell'asino o d'un montone, e la forma di un tapiro; gli anoploterii avevano la statura stessa, le gambe grosse, la coda lunga, e i denti tutti in fila e serrati, e senza alcun intervallo simile a quelli che si trovano presso i denti canini della maggior parte dei mammiferi attuali. Questi due generi ed alcuni altri, che furono trovati con questi, cessarono d'esistere coll'epoca eocenica. (fig. 134, 135 e 136).

Sulla superficie degli strati di gesso si sono recentemente scoperte delle tracce ed impronte di passi, simili a quelle delle arenarie tria-

siche, ma che corrispondono completamente alle diverse specie di mammiferi finora trovate negli stessi strati, ed altre ancora che spettano a mammiferi non ancora conosciuti, ad uccelli, a tartarughe, ad altri rettili quadrupedi, ecc. Durante l'epoca eocenica venivano dunque a camminare fin entro l'estuario del bacino di Parigi, sugli strati di gesso ancora molli, molte razze diverse d'animali.

**158. Bacino belga.** — I dintorni di Limbourg nel Belgio formano un altro bacino, paragonabile a quelli di Parigi e di Londra, e che fu

Fig. 155. *Nummuliti.*

diviso da Dumont in due piani, *rupeliano* e *tongriano.* Anche questo ha strati marini e strati d'acqua dolce, ma non contiene nummuliti.

Fig. 154. *Scheletro* d'Anoploterium commune.

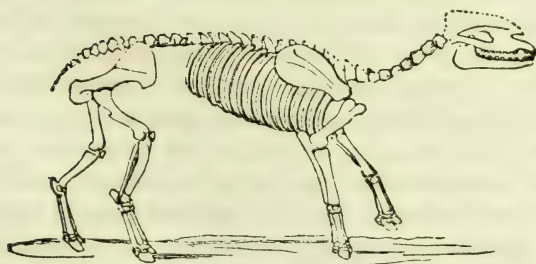



Fig. 155. *Scheletro di* Paleotherium magnum.

**159. Altri depositi eocenici dell'Europa centrale.** — Fuori dei bacini di Parigi e di Londra si conoscono altri depositi eocenici. Tali sono: un deposito ossifero presso Fronstetten nelle Alpi Sveve,

certe arenarie al nord di Meclemburgo e della marca di Brandeburgo, certe arenarie nere dei Diablerets presso Bex nella Svizzera, che furono altre volte ritenute paleozoiche, un'argilla pla-

Fig. 136. *Alcuni dell'epoca eocenica.*

*a* Paleotherium magnum.
*b* Paleotherium minus.
*c* Anoploterium commune.
*d* Coccodrillo.

stica di Hemsdorf presso Berlino, varii calcari lacustri del centro della Francia, prodotti nello stesso tempo che i vulcani lì vicini cominciarono ad agire e ad emettere lave e scorie in grande quantità, un calcare della stessa località zeppo di gusci simili a quelli in cui stanno le larve delle friganee quando vivono ancora nell'acqua, ecc.

**160. Terreno nummulitico del mezzodì.** — Sui due versanti dei Pirenei e specialmente presso Biarritz, in molte parti della Spagna, sui due versanti delle Alpi, in tutta l'Italia e nelle sue isole, in Grecia, in Turchia, nell'Asia Minore, nella Siria, nell'Africa settentrionale, e perfino nell'Asia centrale e nell'Imalaia, per tutta questa grandissima estensione si trova sopra le rocce veramente cretacee e sotto alle terziarie più recenti un gruppo di arenarie e di calcaree più o meno ricche, anzi talvolta zeppe di certi fossili spettanti alla classe dei *rizopodi*, che sono detti *mummuliti* (fig. 133), e che variano in grandezza da quella d'uno scudo fino a quella del più piccolo granello di miglio. Questo gruppo di strati è in tal modo così nettamente caratterizzato, che forma dovunque un ottimo *orizzonte geognostico,* per facilitare la determinazione dei terreni.

**161. Terreno nummulitico delle Alpi Svizzere.** — Nelle Alpi svizzere questo terreno è formato da un calcare sodo, con aspetto

marmoreo, e con molte vene spatiche, con straterelli di lignite, nel quale stanno in gran numero le nummuliti. Sovr'esso si stendono delle arenarie senza fossili ed altre con impronte di alghe (fucoidi) (fig. 137), che formano ciò che i geologi svizzeri chiamano *flysch* e *macigno alpino;* e poi degli scisti argillosi e facili a alterarsi, che sono chiamati *faulschiefer*. Questi strati formano lungo il versante settentrionale delle Alpi una zona molto stretta, ma continua, che va da Bex nel Vallese fin presso Vienna, adagiandosi verso le Alpi sopra le rocce cretacee, ma separata verso il nord dalle rocce terziarie più recenti per mezzo di una profonda spaccatura. Tutti poi sono sempre stranamente rotti, sconvolti e ripiegati, seguendo in tutto la disposizione delle rocce più antiche.

Fig. 137. *Alcune fucoidi eoceniche.*

A questo terreno spettano anche le ardesie di Glarus, che contengono molte impronte di pesci, e che altre volte si credettero appartenere ai terreni paleozoici.

**162. Terreno nummulitico nelle Alpi italiane.** — Nelle Prealpi lombarde ha quasi la stessa composizione che nella vicina Svizzera, anche qui è rialzato insieme con tutte le rocce più antiche, e forma una zona qua e là interrotta lungo il piede delle Alpi, dal lago Maggiore fino al lago di Garda.

Per il Veneto si può ripetere quello che ho detto or ora per la Lombardia: anche là tutti i terreni, dal più antico fino al pliocenico, sono sollevati insieme e concordemente. (fig. 138).

Ma per il Vicentino e il Veronese è necessario aggiungere che agli strati sedimentarii nummulitiferi sono uniti alcuni strati marnosi, ricchissimi di pesci fossili al Monte Bolca, ed altri strati, che sono d'origine mista, acquea e vulcanica, perchè composti di granelli basaltici tenuti insieme da un cemento non vulcanico, e regolarmente stratificati. Pare dunque che durante l'epoca eocenica abbiano agito nel Vicentino le azioni vulcaniche, mandando fuori delle ceneri ed altri detriti, che si depositarono insieme coi sedimenti marini e formarono le brecciole basaltiche.

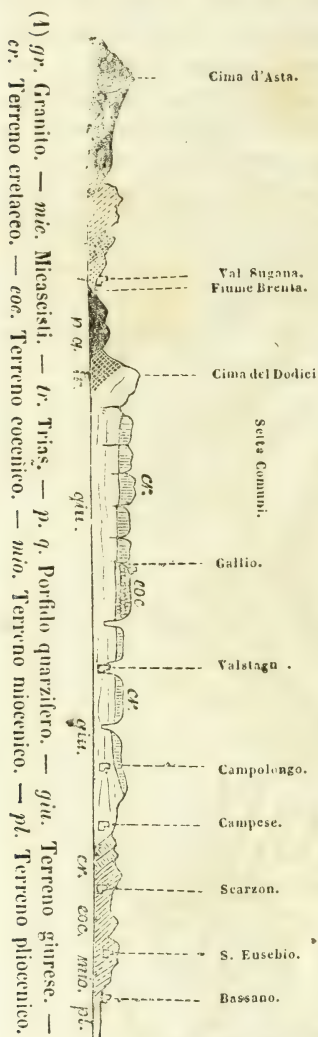
Tra Vicenza, Schio e Verona tutte queste rocce eoceniche sono ripiegate, sconvolte e rotte in mille guise, così che non sempre si possono facilmente distinguere dalle cretacee e da quelle più recenti. Le brecce basaltiche si vedono bene sviluppate al Mucchione presso Tomba, presso Bolca, al Monte Grumi e al Monte Castello presso Castelgomberto, a Montecchio maggiore, la Trinità e S. Pietro presso Monteviale. Le argille e i calcari nummulitici appaiono abbondanti fra Schio e Val d'Agno a Magrè, sopra Castelgomberto e Priabona, fra l'Agno e il Chiampo al Monte Altissimo, fra il Chiampo e Verona, ecc. Gli scisti marnosi con pesci fossili sono uniti ora colle



Fig. 138 (1).

(1) *gr.* Granito. — *mic.* Micascisti. — *tr.* Trias. — *p. q.* Porfido quarzifero. — *giu.* Terreno giurese. — *cr.* Terreno cretaceo. — *coc.* Terreno eocenico. — *mio.* Terreno miocenico. — *pl.* Terreno pliocenico.

rocce nummulitiche ed ora colle brecce basaltiche, e si vedono specialmente al Monte Bolca, a Novale e Salcedo. Depositi di lignite si trovano entro queste rocce terziarie a Monteviale, Bolca, Monte del Pugnello fra Arzignano e Chiampo, sulla Calvarina, al Monte di Magrè, presso Salcedo, Novale, Cornedo e Bulli in val d'Agno, ecc.

Rocce analoghe si trovano poi anche nei Colli Berici e nei Colli Euganei; così che anche in essi si trovano le tracce dei fenomeni vulcanici dell'epoca eocenica, nelle brecce basaltiche, nei filoni di basalte e trachite, ecc.

**163. Terreno eocenico del Monferrato e della Liguria.** — Il paese fra il Po e il mare di Genova consta quasi interamente di terreni terziarii, interessantissimi a conoscersi, perchè provano chiaramente che v'ebbe una continua produzione di sedimenti durante tutta l'epoca terziaria, così che non avvi alcuna ben sentita interruzione fra l'un terreno terziario e l'altro, ma v'ha invece un passaggio insensibile dall'uno all'altro, e tutti formano un insieme, che non si può naturalmente dividere.

Salendo dalla valle del Po a Gassino, trovasi una serie di marne micacee e di molasse, le quali seguitano con varia inclinazione, a S. od a S. S. E., alternandosi con alcuni calcari concrezionati e ricchi di nummuliti, e altri fossili eocenici (*Ostrea gigantea*, ecc.), e formano una zona che va da Gassino a Verrua e fin quasi a Casale. Prima di Bardassan compare un gruppo di conglomerati, marne ed arenarie simili a quelle di Superga, che sono indubbiamente del terreno miocenico, e che si estendono anche in una zona verso Casale e poi nel Tortonese e nel Vogherese. Discendendo per Castel Montalto verso Chieri, gli strati superiori miocenici si vedono passare poco a poco ad una serie di sabbie, marne ed arenarie, tutte in istrati inclinati verso mezzodì e ricche di fossili, alcuni pliocenici, gli altri miocenici. E finalmente tutti questi strati sono ricoperti da marne azzurrognole, da scisti argillosi e da calcari marnosi, e per ultimo da sabbie gialle alternanti con altre marne, che si estendono a formare gran parte del suolo piano del Monferrato e sono assai ricche di conchiglie fossili del periodo subapennino.

Un'analoga disposizione di strati si trova salendo dalla valle del Po presso Ponte Stura (non lungi di Casale) a Camino, e passando poscia per Crea, Moncalvo, ecc. (fig. 139). Al piede della collina di Camino si affondano verso S. S. O. alcuni strati di un calcare marnoso con fucoidi (*eoc.*), eguali a quelli che formano la parte superiore del vero eocene della Liguria. Essi si affondano sotto alle molasse e puddinghe (*mio.*), che formano la maggior parte della collina di

Camino, e si ritrovano molto sviluppate nella collina di Crea, dove contengono un calcare concrezionato identico a quello che si trova nelle altre colline verso ponente, sino a Gassino, e che contiene nummuliti eoceniche. Questi strati passano superiormente e in modo insensibile ad altri, dell'epoca miocenica, che si vedono, nel salire a Moncalvo, contenere un deposito di gesso, ed affondarsi sotto agli strati di marne e sabbie plioceniche (*plioc.*), sui quali è fondata quella città. Di là sino al sud di Nizza della Paglia si cammina sempre sulle rocce plioceniche.

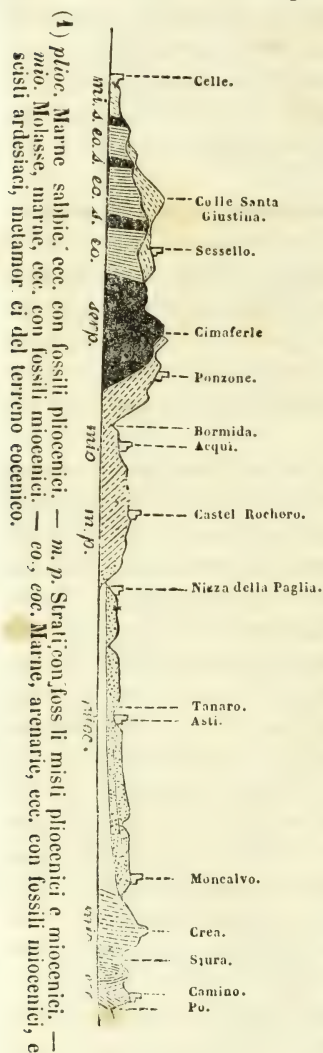



Fig. 139 (1).

(1) *plioc.* Marne sabbie, ecc. con fossili pliocenici. — *m. p.* Strati con fossili misti pliocenici e miocenici. — *mio.* Molasse, marne, ecc. con fossili miocenici. — *eo.*, *eoc.* Marne, arenarie, ecc. con fossili miocenici, e scisti ardesiaci, metamorfici del terreno eocenico.

Questo terreno pliocenico dell'Astigiano appare diviso in due gruppi: l'uno inferiore, di marne azzurrognole e sabbie gialle, con fossili marini, che si estende anche sino a Valenza, Tortona, ecc.; l'altro superiore, che è formato di sabbie giallastre, ghiaie ed argille, con conchiglie d'acqua dolce, e a Dusino, Ferrere, ecc., contiene abbondanti avanzi di mammiferi pachidermi e specialmente di elefanti e di mastodonti. A questi ultimi appartiene un magnifico scheletro quasi completo, scoperto presso Dusino nei lavori per la strada ferrata da Torino ad Alessandria, ed illustrato dal professore Sismonda in un'apposita Memoria. Questa parte superiore del terreno pliocenico forma quasi un passaggio dai terreni terziarii al diluviale; ma non è il solo sedimento d'acqua dolce che si trovi nei terreni di Piemonte, giacchè altri ve ne hanno fra gli strati marini di altre epoche terziarie.

La riva del Belbo al sud di Nizza della Paglia si trova ancora formata di strati pliocenici, ma inclinati e appoggiati sopra altri strati (*m. p.*), che si innalzano in generale verso mezzodì, sono composti di molasse con fossili miocenici e pliocenici, e contengono presso

Castel Rochero un deposito di gesso. Prima d'arrivare ad Acqui, si vede che questi strati si appoggiano sopra altri ( *mio.* ), i quali si ritrovano anche al di là della Bormida nei monti di Ponzone, sempre rialzati verso un'emersione serpentinosa, che esiste nella montagna di Cimaferle, ed è la continuazione delle serpentine che abbondano più a levante nelle montagne dette del Piano della Castagna.

Anche questi strati da Acqui a Ponzone sono di molassa e di marne, ma contengono un banco d'un calcare concrezionato e con nummuliti , identico a quello di Crea. Si vede dunque che questi strati formano un bacino, nel quale sono deposti gli strati con fossili miocenici e pliocenici del piano fra Aqui e Moncalvo.

Continuando a camminare verso mezzodì si passa la montagna serpentinosa, che porta varii lembi delle rocce mioceniche descritte, e si discende a Sassello, ove si trovano le molasse collo strato a nummuliti ricoprire un altro banco di puddinga e marna con tracce di lignite e di conchiglie d'acqua dolce. Salendo al colle di Santa Giustina si passa dapprima sopra alcuni banchi assai inclinati di scisti argillo-talcosi (*eo.*), prodotti, a quanto pare, da una metamorfosi subìta dalle rocce eoceniche; alla sommità del colle, che separa le acque che vanno al Mediterraneo da quelle che vanno al Po e quindi all'Adriatico, si trovano ancora le molasse descritte, mentre le maggiori alture laterali sono ancora formate dagli scisti metamorfici. Discendendo finalmente di là verso Celle, presso Savona, si vedono ora gli scisti metamorfici, ora le solite molasse (*mi.*) ed ora un deposito di rocce detritiche con tracce di lignite e conchiglie di acqua dolce, paragonabile a quello miocenico di Cadibona, e che ascende dal mare sino a coprire gli scisti metamorfici dei dintorni della Stella.

Esaminando il suolo lungo la strada da Novi a Genova, si vedono sottoposte alle rocce plioceniche fra Govi e Arquata le mioceniche, e presso Ronco s'incontrano un'arenaria ed un calcare simili al macigno e all' alberese di Toscana, che appartengono al vero terreno nummulitico od eocenico. Queste rocce continuano sino a Genova, e di là si possono seguire sino al golfo della Spezia, e nelle parti più elevate dell'Apennino ligure. I loro strati superiori contengono spesso parecchie fucoidi del terreno eocenico, ma negli inferiori non trovansi altri fossili. La maggior parte di questi strati è inoltre quasi sempre stranamente dislocata e alterata dalle frequenti emersioni serpentinose sparse per tutto il tratto degli Apennini fra Genova, Parma, Piacenza e Firenze, così che alcune argille, per esempio, presso Lavagna (non lungi da Chiavari) furono cangiate nelle ardesie ben note sotto il nome di *lavagne*.

Nel versante settentrionale di questa parte dell'Apennino si possono tuttavia distinguere ancora le diverse parti dei terreni terziarii. A Cascinelle, intorno a Bruciata, nella valle del Lemmo a Voltaggio, in quella della Scrivia di fronte ad Arquata e a Pietra-Bissara, e più all'est sin verso Casteggio e Stradella, le molasse col calcare a nummuliti si trovano sempre sovrapposte, ed assai spesso in stratificazione discordante, agli strati veramente eocenici, che verso levante, come in tutta la Liguria, sono formati inferiormente di calcare nero od oscuro con nummuliti, nella parte mediana di macigno di vario aspetto, e superiormente di calcari scistosi con fucoidi. Le accennate molasse, come quelle di Santa Giustina, di Ponzone ed Acqui, di Crea, ecc., contengono, oltre alle nummuliti nel banco calcareo, altri fossili proprii sì del miocene come dell'eocene, e si devono quindi per la loro stratificazione separare dal gruppo eocenico ordinario delle Alpi e degli Apennini e considerare come la parte inferiore del terreno miocenico ordinario, col quale sono intimamente connesse.

Si distinguono quindi nel Monferrato e negli Apennini del Genovesato, sotto al terreno quaternario, i seguenti gruppi, cominciando dai più moderni:

1.° Sabbie giallastre, ghiaie, argille, ecc., con conchiglie di acqua dolce, con ossami di mammiferi, ecc., di Dusino, di Tortona, ecc., che fanno un passaggio al terreno quaternario.

2.° Sabbie gialle, scisti argillosi, calcari marnosi e marne azzurrognole con fossili marini, pliocenici, dell'Astigiano in generale.

3.° Sabbie, marne, molasse, ecc., con gesso e con fossili misti, pliocenici e miocenici, di Castel Montalto e Castel Rochero.

4.° Molasse, conglomerati, marne, ecc., con fossili miocenici, di Superga, Bardassan, Moncalvo, Acqui, Celle, Cadibona, ecc.

5.° Molasse e puddinghe con fossili miocenici ed eocenici, e con un calcare concrezionato nummulitico, di Gassino, Verrua, Camino, Crea, Ponzone, Santa Giustina, Cascinelle, Bruciata, Voltaggio, Pietra Bissara, ecc.

6.° Calcare marnoso con fucoidi, arenaria macigno, ardesie e scisti argillo-talcosi metamorfici, del terreno eocenico, di Camino, Santa Giustina, Ronco, Lavagna, ecc.

V'ha dunque, come già dissi, un passaggio continuo dal terreno eocenico al miocenico, da questo al pliocenico, e da questo al quaternario, che superiormente si confonde coi depositi dell'epoca attuale.

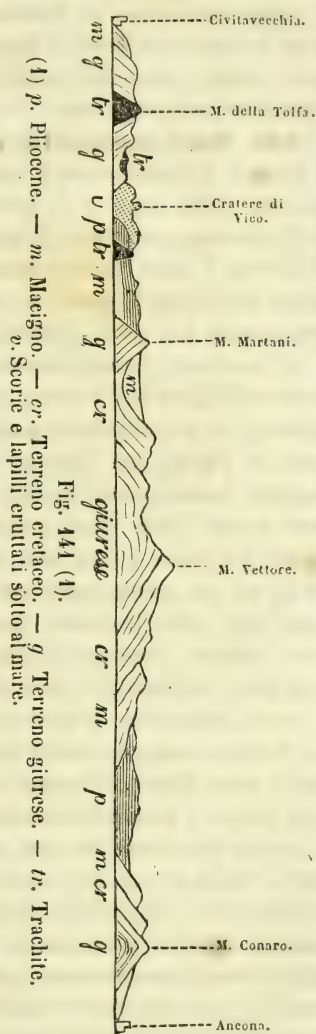
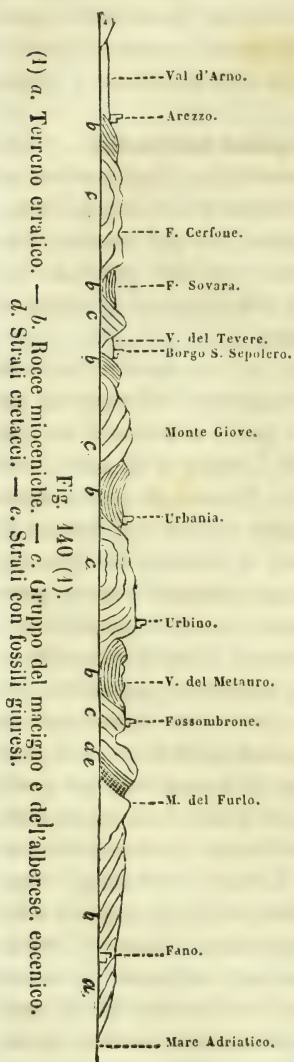
**164. Terreno nummulitico delle altre parti d'Italia.** — Dagli Apennini di Genova, il terreno nummulitico si stende verso

levante e verso sud-est, a formare tutta intera la catena apenninica della Toscana; ha dovunque la stessa composizione finora descritta, ed ha sempre i suoi strati molto dislocati, contorti e rotti, come si può vedere dalla figura 140 che dimostra la struttura degli Apennini dall'Arno presso Arezzo al Mare Adriatico.

Fig. 140 (1).

(1) *a.* Terreno erratico. — *b.* Rocce mioceniche. — *c.* Gruppo del macigno e dell'alberese. eocenico. *d.* Strati cretacei. — *e.* Strati con fossili giuresi.

Fig. 141 (1).

(1) *p.* Pliocene. — *m.* Macigno. — *cr.* Terreno cretaceo. — *g* Terreno giurese. — *tr.* Trachite. *v.* Scorie e lapilli eruttati sotto al mare.

Si ritrova negli Apennini romani e napoletani, ma interrottamente, perchè quegli Apennini sono più specialmente formati dalle rocce giuresi e cretacee. La figura 141, mostra questa struttura, in uno spaccato trasversale dell'Italia dal Mediterraneo all' Adriatico.

Lo stesso terreno forma la metà orientale dell'isola di Corsica, e si trova anche in varii luoghi della Sardegna.

Il celebre geologo italiano Pilla, in varie sue opere e specialmente nel suo *Trattato di geologia*, faceva di questo terreno una parte del terreno cretaceo, sotto il nome di *Terreno etrurio*, perchè è assai sviluppato in Toscana. Ma in quell'epoca quasi tutti i geologi lo mettevano nella parte superiore del terreno cretaceo, perchè non erano stati fatti sufficienti studii sulla sua completa o quasi completa indipendenza.

**165. Mari, animali e piante dell'epoca eocenica**. — Nell'Europa settentrionale e centrale non rimasero per l'epoca eocenica se non pochi mari e di poca estensione, intorno a Londra, a Parigi, a Limbourg e in varii luoghi della Germania; ma nel mezzodì dell'Europa i mari furono ancora molto estesi, così che poterono deporsi tutti quegli strati nummulitiferi, che ora formano il suolo di gran parte dei paesi intorno al Mediterraneo.

Il Beudant (*Corso elementare di geologia*) colloca ancora le rocce nummulitifere nel terreno cretaceo, e non conserva nel terziario inferiore, da lui chiamato *parigino*, se non i pochi sedimenti del bacino di Parigi, dei dintorni di Bordeaux, di Londra e di pochi altri luoghi. Ammettendo inoltre che insieme coi Pirenei si siano sollevate molte parti degli Apennini e delle altre catene che hanno la stessa direzione, e con esse anche quasi tutto il mezzodì dell'Europa, ci dà la qui unita *carta dell'Europa occidentale durante l'epoca parigina* (fig. 142). Noi non possiamo accettarla, perchè ammettiamo aver esistito durante l'epoca eocenica tutto il mare nummulitico, poc'anzi indicato; e non potremmo forse nemmeno accettarla per l'epoca miocenica o pliocenica, perchè in tutte due queste epoche ci furono mari in molti luoghi che in questa carta sono compresi nella terra ferma. Vi sarebbe un solo modo di ammettere per qualche tempo l'Europa occidentale nello stato indicato dalla figura 142, e questa consisterebbe nel supporre divisa l'epoca eocenica in due parti, nella prima delle quali si sarebbero formati i sedimenti nummulitici e i più antichi sedimenti del bacino di Parigi e degli altri bacini, e nella seconda si sarebbe sollevato tutto quanto il suolo dell'Europa meridionale, per ritornare poi sotto al mare in molti luoghi, onde ricevere i sedimenti miocenici e pliocenici. In tal caso la citata carta rappresenterebbe l'Europa occidentale durante la seconda parte dell'epoca eocenica.

Colla fine dell'epoca cretacea cessarono d'esistere i rettili giganteschi, rimasero i veri coccodrilli, molti chelonii, marini e terrestri,

cessarono di vivere i molluschi cefalopodi del tipo ammonitico, restarono i nautili e moltissimi altri molluschi analoghi a quelli ora viventi, e finalmente comparvero molti nuovi mammiferi, non più

Fig. 142. *Mari nell'Europa occidentale durante l'epoca eocenica, secondo Beudant.*

didelfi o dubbii, come quelli dell'epoca giurese e triasica, ma simili a quelli ora viventi nell'antico continente, vale a dire i paleoterii e gli anoplotecii che dovevano avere forme analoghe a quelle disegnate nella figura 136, e molti altri ancora simili a cani e ad altre specie attuali.

Le cicadee delle epoche precedenti cessarono di esistere, le conifere presentarono nuove specie, e con queste comparvero molte e molte specie di tutte le altre famiglie di dicotiledoni, le quali vissero fin nel centro dell'Europa insieme a palme simili a quelle che ora non vivono se non nei paesi caldi. L'Europa centrale doveva dunque avere ancora una temperatura analoga a quella del Basso Egitto.

Finalmente, sui continenti dovettero scorrere molti fiumi e prodursi molti laghi, che diedero origine ai molti depositi d'acqua dolce del terreno che abbiano or ora studiato.

**166. Dislocazioni appartenenti al sistema della Corsica e della Sardegna, del Taira e del Sancorrois e delle Alpi Occidentali.** — Durante l'epoca terziaria devono essere avvenuti molti movimenti nella crosta terrestre, e quattro sistemi ne

sono già stati distinti dal signor di Beaumont, cioè i *sistemi della Corsica e della Sardegna, del Tatra, del Sancerrois e delle Alpi occidentali.*

Nella Corsica e nella Sardegna, secondo il generale Alberto Della Marmora (*Voyage en Sardaigne,* terza parte), erano già avvenuti varii movimenti del suolo prima dell'epoca eocenica. Uno diretto a nord-ovest, un'altro diretto verso nord-est, ed il terzo diretto verso N. 36°O, durante le epoche paleozöiche; il quarto diretto a N. 5°O, pel quale si sollevarono tutte le rocce granitiche delle due isole, insieme coi lembi di terreno silurico e carbonifero; il quinto che produsse un avvallamento diretto ad O. 40° N., nel quale si deposero poi i terreni giuresi; il sesto posteriore alla formazione dei terreni cretacei, e diretto ad E. 40° N., pel quale si fece ondulata tutta la superficie delle rocce allora sporgenti dalle acque, ed ebbero origine le valli aventi quella direzione; il settimo, diretto a N. N. O., pel quale si sollevarono alcuni depositi giuresi del nord-ovest della Sardegna e si sprofondò il suolo da Cagliari ad Alghero in modo di fare una vallata che anche in oggi si vede ed è chiamata Campidano; l'ottavo, pel quale si fecero poche montagne e valli dirette da ovest ad est.

Dopo quest'ultimo movimento si deposero in Sardegna e in Corsica le rocce nummulitifere, e poi avvenne un sistema di movimenti e di dislocazioni, per le quali si produssero le catene montuose e le vallate dirette da nord a sud, e questo è il sistema chiamato dal signor di Beaumont *Sistema di Corsica e Sardegna,* o *Sardo-corso.* Dopo questo sistema, pel quale comparvero le rocce serpentinose della Corsica, cominciarono ad agire in Sardegna, insieme coll'acqua, anche le forze vulcaniche. Emersero delle trachiti nella Sardegna occidentale, e si deposero dei sedimenti del terreno miocenico presso Cagliari e dei tufi pumicei presso alle trachiti; apparvero poi altre trachiti, differenti dalle prime, perchè ricche di amfibola e pirosseno; si spaccò finalmente il suolo coperto da queste rocce, nelle due direzioni nord-sud e N. 25° O. — S. 25° E, dando origine ad un canale diretto dallo stretto di Bonifacio ad Alghero e di là a Cagliari, nel quale entrò il mare e depose sedimenti, dapprima con fossili misti, miocenici e pliocenici, poscia con fossili soltanto pliocenici.

Analogamente sarà forse avvenuto per tutto il restante dell'Europa. Elia di Beaumont ha trovato in molti luoghi le tracce del *Sistema Sardo-corso*, per esempio in diverse parti della Francia, nelle montagne che connettono le Alpi al Giura, in Toscana, nello Stato romano, nell'Istria, in Grecia, ecc. Egli ha trovato smossi gli strati

miocenici inferiori nell' isola di Wight e nel sud-est dell'Inghilterra, nei Carpazii, nella catena dei Balcani, nella Grecia, nella Dalmazia, ecc., secondo una direzione media di O, 4° N. In pochi luoghi della Grecia e nei dintorni di Sancerre sono smossi gli strati miocenici secondo la direzione E 20° a 26° N; e nel Dipartimento della Drôme, e in qualche altro luogo secondo la direzione N. 7° a 8° E. E quindi il signor di Beaumont ne ha fatto tre sistemi di montagne, *di Tatra, del Sancerrois* e *del Vercors*. Ma le maggiori dislocacazioni avvenute durante l'epoca terziaria appartengono al *sistema delle Alpi occidentali*, che ha la direzione media N. 26° E, ovvero N. N. E, pel quale sembra al signor di Beaumont che siano stati smossi i sedimenti miocenici nelle Alpi occidentali e del Delfinato, nella Provenza, nella Spagna, nell'impero del Marocco, nell' Atlante, ecc., A queste dislocazioni si devono fors' anche molti tronchi montuosi sparsi qua e là nelle Alpi centrali e orientali, e paralleli alle occidentali, come pure gran parte delle valli lombarde, che hanno la stessa direzione. Ma neppure esse furono così potenti come quelle che tennero loro dietro, dopo la produzione del terreno pliocenico, e per le quali le Alpi, gli Apennini ed altre catene montuose di Europa acquistarono il loro completo rilievo.

## TERRENI TERZIARII MEDIO E SUPERIORE OSSIA MIOCENICO E PLIOCENICO.

**167. Sedimenti miocenici e pliocenici.** — Sono per lo più formati di sabbie, arenarie e altre rocce detritiche, con molti fossili ed anche molti ossami di nuovi mammiferi; il che pare ben naturale, avendo riguardo all' estensione già fin d'allora acquistata dalla terra ferma.

**168. In Inghilterra,** nella contea di Norfolk e Suffolk, di fianco al bacino di Londra, i sedimenti miocenici e pliocenici formano il così detto *crag*, che ora contiene conchiglie e polipai, così che vien chiamato *coral-crag*, ora contiene molto ferro e riesce di color rosso, così che è chiamato *red crag*, ed ora è di sabbia in depositi irregolari, che formano il *crag di Norwich* (*Norwich-crag*), con molti avanzi di mammiferi, rettili, pesci e conchiglie d' acqua dolce miste a conchiglie marine.

*Crag* è un nome col quale gli agricoltori inglesi chiamano i detriti di conchiglie con sabbie calcaree, che essi adoperano ad emendare le terre troppo argillose.

**169. In Francia**, nella Turena, trovansi i così detti *faluns*, composti di sabbie con detriti di conchiglie, adoperate allo stesso uso del *crag* inglese, e di marne ed arenarie che contengono molte conchiglie ora marine ed ora d'acqua dolce. Il D'Orbigny ne formò il suo piano *faluniano*, unendovi altre rocce analoghe, che si trovano intorno a Bordeaux, non che le *arenarie di Fontainebleau*, le *pietre da macine di Montmorency* ed altri depositi, già più sopra descritti insieme col bacino di Parigi. Le rocce del bacino di Bordeaux sono: un *calcare grossolano* con molte milioliti, una *arenaria* o *molassa d'acqua dolce* con banchi di lignite, ossa di paleoterii, coccodrilli e tartarughe, un *calcare compatto*, che contiene molte ossa di molte specie diverse di mammiferi, particolarmente alla collina di Sansans, i così detti *faluns di Bordeaux*, analoghi a quelli della Turena, e finalmente un deposito di argille, ghiaie, ciottoli, che forma il suolo della pianura.

Nelle pianure della Linguadoca, della Provenza e della Borgogna si trovano altri depositi analoghi e della stessa epoca. Formano: il così detto *terreno a ligniti*, con ossa di rettili e conchiglie d'acqua dolce; il *calcare d'Aix*, scistoso, con moltissimi avanzi organici, ossa d'uccelli, penne, gusci di tartarughe, pesci d'acqua dolce, crostacei, conchiglie d'acqua dolce, foglie di palme, fucoidi, insetti; il *calcaire moellon* dei dintorni di Montpellier, con fossili marini; delle sabbie fossilifere, delle marne e dei calcari d'acqua dolce, che si vedono a Montpellier, a Perpignano ed a Marsiglia, con molti fossili.

Finalmente merita menzione un deposito di strati d'acqua dolce e marini, fra loro alternanti, del Dipartimento della Drôme, con gesso, ligniti, travertini e molti fossili.

**170. Nella Svizzera** i sedimenti terziarii medii e superiori sono generalmente formati di arenarie poco consistenti, che si chiamano *mollasse*, e costituiscono il suolo per tutta una zona che si stende fra il terreno eocenico delle Alpi e i terreni secondarii del Giura e della Germania, da Ginevra fin a Regensburg, Passau, Linz e Vienna. Berna e Monaco sono edificate su queste rocce.

Questa mollassa svizzera è per lo più d'acqua dolce nelle sue parti inferiori, marina nelle superiori, ma termina superiormente con degli strati di arenarie, argille e sabbie con conchiglie d'acqua dolce, ligniti, impressioni di foglie e di ali d'insetti, ecc. La mollassa inferiore è spesso rossa, specialmente presso Ginevra. Qua e là, fra gli strati di mollassa se ne trovano altri, di marne, di calcari, di sabbie, di argille, ecc., che contengono impronte di palme simili a quella che vive ancora in Sicilia e sulla riviera di Genova, ligniti,

conchiglie, ecc. Spesso poi la mollassa marina non forma strati sottili, ma si presenta in masse altissime, senz'alcun indizio di stratificazione, come si vede particolarmente presso Berna.

Superiormente la mollassa passa ad un conglomerato di ciottoli d'ogni grandezza, chiamato *nagelflue* o *gomfolite*, e nel quale è da rimarcarsi che quasi tutti i ciottoli presentano una o più depressioni, corrispondenti esattamente alla superficie convessa dei ciottoli vicini.

Anche nell'interno delle valli del Giura si estende molto la mollassa ed ha appress'a poco la stessa composizione che nella gran zona descritta.

Se nel mezzo di questa zona si segna una linea da Losanna allo sbocco del Reno nel lago di Costanza, passando per Lucerna, Zug ed Uznach, questa linea è così disposta, che al nord di essa gli strati della mollassa si abbassano verso il Giura, sul quale si appoggiano poi regolarmente, mentre al sud della stessa linea gli strati si abbassano verso le Alpi, e terminano bruscamente al piede di queste, così che sembrano a prima vista discendere e passare sotto alle rocce eoceniche, secondarie, ecc., del versante settentrionale alpino. Questa singolare disposizione dipende forse dalle potenti dislocazioni che avvennero all'epoca della produzione delle Alpi, dopo formati gli stessi strati miocenici e pliocenici.

I più recenti depositi d'acqua dolce contengono molti avanzi di mammiferi, specialmente ad Oeningen sul ramo del lago di Costanza pel quale esce il Reno. Ma insieme ai mammiferi vi si trovarono anche gli avanzi d'una gigantesca salamandra, analoga ad una che ora vive nel Giappone, e sono famosi perchè indussero in errore un distinto naturalista del secolo scorso, Scheuchzer, che li credette appartenere ad un uomo vivente prima del diluvio.

**171. I dintorni di Vienna** sono formati da molasse analoghe alle svizzere, da sabbie, da una marna ricca di fossili, che fu detta *Tegel* da quei del paese, da un calcare bene sviluppato nei monti Leitha (Leithagebige) e chiamato perciò *Leithakalk*, da conglomerati con ossa di mammiferi, ecc.

Al di là, verso oriente e verso il sud si estendono ancora ampiamente questi terreni, ed hanno in generale la stessa composizione e gli stessi caratteri.

**172. In Polonia** gli stessi terreni comprendono i depositi celeberrimi di salgemma di Wieliczka.

**173. Nella Germania centrale** formano varii bacini, e specialmente il *bacino di Magonza*, nel quale si trova la solita alternanza di rocce d'acqua dolce e di rocce d'origine marina. Cominciano con

un'argilla plastica e contengono molti fossili, come cerizii, littorinelle, cirene, ecc., e da questi ebbero i loro nomi distintivi. Contengono anche ligniti, rocce vulcaniche, e nelle parti superiori anche ossami di mammiferi, come ad Oppenheim ed Eppelsheim.

**174. In Italia** i terreni miocenici e pliocenici sono poco sviluppati lungo il versante meridionale delle Alpi, ma sono invece sviluppatissimi sui due versanti degli apennini.

Il terreno pliocenico comincia al nord degli apennini un poco a sud-est di Cuneo, e lambendo la zona alluvionale giunge fin sotto Torino ed a Valenza; si ripiega poscia, si porta al sud di Novi, raggiunge le colline del Tortonese e del Vogherese, passa in quelle del Parmigiano, del Modenese e del Bolognese, e continua formando una zona lungo tutto il litorale dell'Adriatico, tranne nel promontorio del monte Gargano. Si allarga in Capitanata e in Basilicata, circonda il golfo di Taranto, ed occupa un seno intorno a Cosenza tra le rocce cristalline, e vari altri tratti di paese nella Calabria e in Sicilia. Buona parte del suolo toscano è formata da questo terreno, ed alcuni lembi si ritrovano nella Campagna romana, al piede delle Alpi alla Folla d'Induno, a Nese, nella valle di Gandino, da Bassano a Spilimbergo, e finalmente a S. Colombano nel Lodigiano, e in varie parti della Sardegna e della Corsica.

La sua composizione è in generale uniforme, e consiste in marne azzurrognole ricoperte da sabbie gialle o da puddinghe. In diversi luoghi però presenta delle variazioni, e si trova ora formato di rocce calcaree, come a Lecce nell'Italia meridionale, in Sicilia, ecc., ora di sabbie granitiche zeppe di fossili, come intorno all'Aspromonte in Calabria, ed ora formato di rocce vulcaniche, come nelle zone vulcaniche dell'Italia centrale e meridionale, in Sicilia e in Sardegna.

A questo terreno si devono unire altri depositi di varia natura, che sembrano fare un passaggio dalle rocce decisamente plioceniche a quelle del terreno quaternario e alle moderne. Tali sono i depositi d'acqua dolce del Monferrato, del Senese, di Livorno, della valle d'Arno, ecc., i travertini antichi della Campagna di Roma, dell'Ascolano e degli Abruzzi, e certe marne e rocce detritiche che in Toscana si confondono con altre più moderne sotto il nome di *panchine*.

Luoghi in cui si trovano sedimenti veramente miocenici sono: la collina di Superga presso Torino; Ceva, Mondovì e Acqui al nord degli apennini liguri; Cadibona presso Savona, Caniparola nella Lunigiana, la valle del Serchio sotto Castiglione, la valle di Cecina a Mocaio e Cortolla, Monte Bamboli e Monte Massi, ecc., in Toscana;

gli apennini bolognesi e sinigagliesi; Ancona, S. Severino, Tolentino, Ripa presso Teramo, Tottea, Nereto, ecc., negli apennini romani e napoletani; e finalmente alcune parti della Calabria. D'ordinario i sedimenti miocenici sono composti di arenarie, di marne, ecc., e contengono spesso combustibili fossili, come a Cadibona, a Caniparola, nella Valle del Serchio, nelle Maremme toscane e nelle Calabrie.

I sedimenti pliocenici italiani sono ricchissimi in fossili e furono completamente descritti dal Brocchi nella sua *Conchiliologia fossile subapennina*, contengono anche avanzi di elefanti, rinoceronti, delfini e balene, come sono quelli, per esempio, che si conservano presso il Museo Civico di Milano.

**175. Mari dell'epoca mio-pliocenica.** — Da quanto ho detto nella descrizione dei terreni miopenici e pliocenici si vede che vi erano pochi golfi qua e là nel bacino di Parigi, intorno a Bordeaux, nel sud-est della Francia, nella Svizzera, e nella Germania meridionale presso Magonza, intorno a Vienna, ecc., i quali a poco a poco furono colmati dai sedimenti che vi furono deposti ora dalle acque dolci ed ora dalle salse; erano come altrettanti estuarii, nei quali ordinariamente si deponevano sedimenti marini, ma di tanto in tanto anche sedimenti fluviatili o lacustri, in conseguenza di grandi pioggie e di consecutivi ingrossamenti di fiumi, oppure per altri temporarii arrivi di grandi correnti d'acqua dolce. — Nel mez-

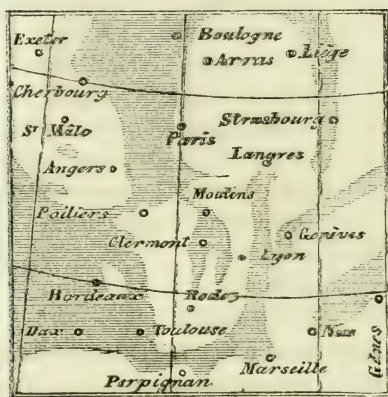



Fig. 143. *Francia all' epoca miocenica.*

Fig. 144. *Francia all'epoca pliocenica.*

zodì d'Europa invece i sedimenti pliocenici sembrarono deporsi intorno alle terre già emerse, e quindi pare che già esistessero tracciate le principali catene ed isole che ora s'innalzano maggiormente sul

livello del mare. Però anche qui ci furono depositi lacustri e fluviatili, e quindi anche qui esistettero fiumi e laghi.

La piccola figura 143, può dare un'idea delle raccolte d'acqua delle quali si deponevano i sedimenti miocenici nel sud-ovest dell'Europa.

L'altra (fig. 144) mostra i cangiamenti succeduti in quelle raccolte d'acqua prima della formazione dei sedimenti pliocenici. Si vede chiaramente che esse si sono di molto diminuite, e che quindi si è cresciuta di molto l'estensione delle terre asciutte, e l'Europa si avvicinò ancora maggiormente all'epoca attuale.

**176. Animali e piante dell'epoca mio-pliocenica.** — Scomparsi i paleoterii, gli anoploterii e gli altri mammiferi dell'epoca eocenica, altri ne vissero nell'epoca seguente, ma più simili a quelli

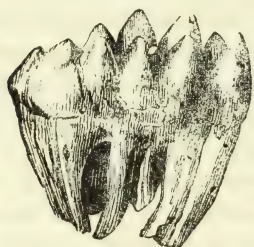



Fig. 145. *Dente di mastodonte impicciolito d'assai.*

Fig. 146. *Ristaurazione del dinotherium giganteum.*

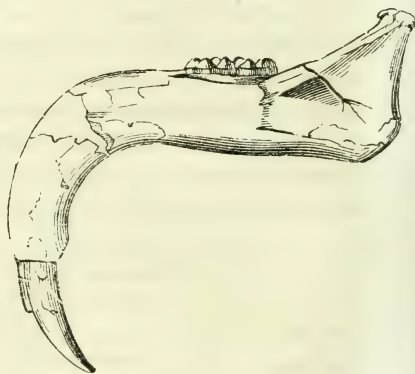



Fig. 147. *Mascella inferiore e zanna del dinotherium giganteum.*

dell'epoca attuale. Cominciarono allora ad esistere i *mastodonti,* (fig. 145) animali che forse non differivano dagli elefanti se non pei loro denti molari a rialzi conici, e i *dinoterii,* altri animali giganteschi, con due zanne all'estremità della mascella inferiore e non alla superiore, come l'hanno gli elefanti (fig. 146 e 147); cominciarono allora a vivere anche elefanti pochissimo diversi dagli attuali, rinoceronti, ippopotami, castori, scimmie, ecc.

Le piante diventarono sempre più analoghe a quelle che vivono anche adesso nei nostri paesi, come è provato dalla struttura dei legni e dalle foglie contenute in quei terreni. Vissero però in Europa anche vere palme (fig. 148), simili alla palma-ventaglio dell'Africa settentrionale.

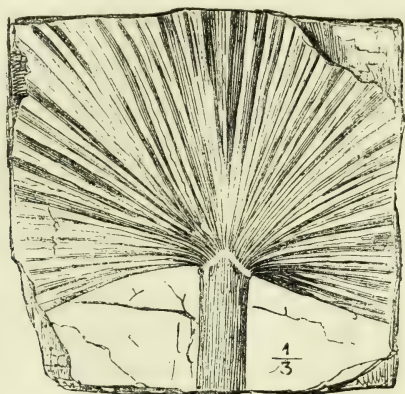



Fig. 148. *Palmacites Lamanonis.*

**177. Dislocazioni. — Alpi, Apennini e loro formazione. Sistema delle Alpi principali**. — Fra l'epoca pliocenica e la quaternaria colloca il signor di Beaumont la produzione delle Alpi principali e di tutte le altre catene che hanno la loro stessa direzione, perchè in tutte egli vede sollevati anche i terreni pliocenici e orizzontali perfettamente i depositi quaternarii. Quest'opinione però non è da tutti adottata. Alcuni geologi italiani, trovando in tutt'Italia, qualunque sia la direzione dei monti, gli strati pliocenici sempre concordanti coi miocenici, cogli eocenici, coi secondarii, ecc., non ammettono che le Alpi e gli Apennini si siano formati a poco a poco, prima quelle parti che hanno una direzione, poi altre che ne hanno un'altra, poi altre ancora, e così via, ma dicono che tutte le catene montuose italiane si sono formate insieme, alla fine dell'epoca pliocenica.

Altri ancora, volendo conciliare le due opinioni contrarie, dicono che le montagne italiane, comprese le Alpi, si formarono a poco a poco, lentamente, durante le ultime epoche geologiche, e senza quei cataclismi subitanei e potentissimi, che vennero immaginati da Elia di Beaumont e dai suoi seguaci.

Qualunque sia l'opinione più vicina al vero, e non si può peranco decidere quale essa sia, egli è ben certo che alla fine dell'epoca pliocenica l'Europa aveva quasi tutto il suo aspetto attuale, le attuali

catene montuose, le attuali pianure, le coste attuali. Più tardi avvennero altre dislocazioni, che la ridussero tal quale è attualmente, mettendo a nudo alcuni tratti che al principio dell'epoca quaternaria erano ancora sotto al mare; queste dislocazioni li vedremo appartenere al *sistema del Tenaro.*

**178. Rocce plutoniche e vulcaniche dell'epoca terziaria.** — Abbiamo veduto che nell'isola di Sardegna avvennero durante l'epoca terziaria parecchie eruzioni di rocce plutoniche e vulcaniche: dopo la produzione dei terreni eocenici comparvero delle trachiti particolari e le serpentine della Corsica, e dopo quella dei sedimenti miocenici comparvero altre trachiti, diverse delle prime; ora aggiungerò che dopo la formazione dei sedimenti pliocenici vennero fuori dei basalti, che si distesero a ricoprire a guisa di lave le pianure.

Fenomeni analoghi sono avvenuti anche in molte altre parti d'Europa.

Nei Pirenei, nelle Alpi, sono venuti alla superficie del suolo durante l'epoca terziaria i graniti, le serpentine e forse tutte le rocce emersorie che vi si trovano; e vennero fuori attraverso le spaccature prodotte dalle dislocazioni degli strati durante la formazione di quelle catene montuose.

Nell'Alvernia ebbero certamente luogo durante l'epoca terziaria molte eruzioni di rocce vulcaniche, che hanno attraversate, rotte e alterate le rocce allora appena formate od anche durante la loro stessa formazione. Nelle descrizioni più complete di quei paesi si trovano di tutto ciò convincentissime prove.

Abbiamo veduto che nel Vicentino già nell'epoca eocenica cominciò l'azione vulcanica; forse cessò presto, perchè nei terreni più recenti non se ne trova alcuna traccia.

Rocce vulcaniche e montagne simili a vulcani si trovano molto frequenti nell'Eifel, e devono essere venute fuori od essersi formate durante l'epoca terziaria.

Altrettanto si può dire per certe rocce e certe colline dei dintorni d'Olot nella Catalogna.

In Italia noi abbiamo altre rocce e altri depositi vulcanici in Sicilia, e in una zona dal Monte Amiata e da Radicofani fino a Roma, e intorno a Napoli. In questi luoghi quasi sempre si trova che le rocce vulcaniche o stanno sopra il terreno pliocenico o sono alternate colle sue parti più recenti; pare dunque che l'azione vulcanica non vi abbia cominciato ad operare se non dopo l'epoca pliocenica, o almeno verso il suo fine.

## V.

## EPOCA QUATERNARIA.

**179. Sedimenti quaternarii, diluviali, pliostocenici, erratici.**, ecc. — Con questi diversi nomi furono distinti i sedimenti che si sono formati dopo quelli del terreno pliocenico e prima delle epoche storiche, ma non tutti prima della comparsa dell' uomo sulla terra. Furono chiamati *quaternarii* perchè della quarta grande epoca dei sedimenti fossiliferi, *diluviali* perchè si credettero prodotti dal diluvio universale descritto nella Bibbia o da qualche altro diluvio analogo ma più antico, *pliostocenici* perchè *recentissimi* fra i sedimenti antistorici, *erratici* perchè comprendono certi massi isolati che impareremo a conoscere sotto i nomi di *trovanti* o *massi erratici.*

Tutti quelli che sono deposti regolarmente in istrati contengono conchiglie ed altri fossili, fra cui molti ossami di mammiferi più o meno analoghi a quelli che vivono tuttora.

**180. Nell'Alvergna**, sopra i depositi miocenici e pliocenici, che contengono le pomici e i tufi prodotti dai vicini vulcani e gran numero di conchiglie di acqua dolce e di ossami di mammiferi, si stendono altri strati , che hanno altri ossami, ma di specie diverse, di orsi, lontre, cani, jene, elefanti, mastodonti. rinoceronti, tapiri, cervi, istrici, cavalli, ippopotami, antilopi, capre, buoi, castori, ecc.

**181. Nella valle del Reno** si trovano depositi affatto analoghi, che formano ciò che chiamasi *Löss* in una parte della Germania e *Lehm* nell'Alsazia. Sono sabbie, argille e marne, ma specialmente argille sabbiose, un vero fango sparso di concrezioni calcaree. Si ritrovano anche nelle valli dei tributarii del Reno. Come nell'Alvernia , così nella vallata del Reno si immaginò l'esistenza d'un gran lago per la formazione di questi sedimenti. Ma non tutti i geologi l'ammettono, e alcuni trovano bastante a spiegare quella formazione un continuo ma lentissimo abbassamento di tutto il paese , pel quale esso rimase sempre inondato dalle acque del mare , e formò così un golfo con acque sempre molto basse, così che vi si deposero i sedimenti nello stesso modo che si formano ora quelli alle foci del Po, del Nilo, del Missisipì, del Gange, ecc. Tutto il paese ritornò più tardi fuori dell'acqua per una delle solite dislocazioni, oppure si rialzò gradatamente, così che si scavarono di nuovo le valli entro

gli stessi sedimenti che le avevano colmate. — E infatti, dicono quei geologi, insieme coi molluschi terrestri e coi mammiferi si trovano in questi sedimenti anche conchiglie di acqua salmastra e pesci marini simili ai pesci cani.

**182. In Italia e negli altri paesi intorno al Mediterraneo** si conoscono molti sedimenti dell'epoca quaternaria, gli uni marini, gli altri d'acqua dolce.

Tutta la pianura della vallata del Po è formata superficialmente da depositi di argille, ghiaie e ciottoli senza fossili e dei quali parleremo dopo, ma sotto questi si distendono possenti strati di un fango argilloso e sabbioso analogo a quello del Reno, ed anch'esso con ossami di mammiferi fossili, elefanti, mastodonti, cervi, buoi, ecc. Questi strati d'ordinario non si vedono se non nello scavare pozzi o nel fondo delle valli o meglio dei letti dei fiumi, e specialmente del Po; così che non sono stati per anco molto studiati.

Analoghi depositi si trovano nel fondo delle vallate dell'Arno, del Tevere e di qualche altro fiume. La valle dell'Arno è celebre pei numerosissimi ossami di elefanti, mastodonti e balene che ha fornito e fornisce continuamente agli studiosi.

Anche a questi depositi si può forse applicare la teoria d'un lento abbassamento sotto il livello del mare e d'un successivo rialzarsi lentamente per giungere alla posizione attuale.

Lungo le coste del mare Mediterraneo, ad Antignano e al Monte Tignoso presso Livorno, ad Oregina presso Genova, alle antiche saline di Monaco, alla baia di S. Ospizio presso Nizza, a Nerasu presso Palermo, alle isole di Minorca e Majorca, nella penisola di S. Elia presso Cagliari e in moltissimi altri luoghi sulle coste della Sardegna, al forte di Tunisi presso le rovine di Cartagine, al Capo Matifou sulla stessa costa africana, ad Orano, a Gibilterra, a Tarifa, a Trafalgar ed a Cadice, in tutti questi luoghi si vedono ad una certa altezza sul livello del mare certi strati di arenarie, ancora poco sode, che contengono delle conchiglie identiche a quelle che vivono attualmente nel mare vicino. A Livorno questa roccia è chiamata *panchina*. In tutti questi luoghi ha la stessa composizione, e in molti di essi, le rocce che la portano presentano quei fori scavati dai Molluschi perforanti (foladi ed altri), che sono indizio certo dell'esser state sotto le acque del mare per un tempo piuttosto lungo. — Queste arenarie più recenti di tutti i depositi pliocenici, contenendo animali tuttora viventi nel mare vicino, conservando sempre gli stessi caratteri tutt'all'intorno del Mediterraneo, provano evidentemente che tutti quei luoghi delle coste, e forse altri ancora si trovarono per un certo tempo sotto

il livello del mare, e poi si rialzarono e ne emersero, portandosi al loro livello attuale. Ed ecco un'altra prova di movimenti non molto forti, ma pure importanti anche durante l'epoca quaternaria, dopo la produzione delle Alpi principali.

**183. Nell' America meridionale,** le immense pianure delle *pampas* del Brasile sono formate precisamente come quella della vallata

Fig. 149. *Scheletro del megaterio o animale del Paraguay.*

del Po. Sotto ai depositi più superficiali stanno dei potenti depositi di argille, sabbie e fanghi, con molti avanzi di mammiferi, e questi

Fig. 150 *Bradipo o pigro a tre dita.*

sono *megaterii* (animali grossi come elefanti, ma collo scheletro simile a quello di quegli sdentati che per la loro lentezza prodigiosa son detti *pigri*), *gliptodonti* (altri grossi animali, che sembrano ar-

madilli giganteschi, colla corazza fatta a volta), *milodonti* (altri grossi quadrupedi, analoghi ai megaterii), cavalli, mastodonti, elefanti, tapiri, ecc.

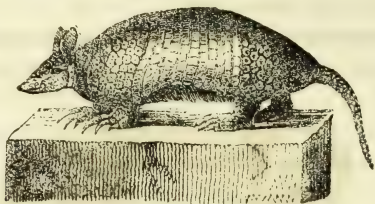



Fig. 151. *Armadillo.*

**184. Nella Nuova Olanda** si trovarono ossami di mammiferi in sedimenti analoghi ai nostri, ma quei mammiferi fossili sono tutti *marsupiali*, vale a dire appartengono tutti a quel gruppo di mammiferi, che adesso abitano lo stesso paese, e nascono molto imperfetti, così che le madri devono cacciare il latte fin nello stomaco dei loro figli, incapaci di succhiarlo, ed hanno per lo più anche una specie di saccoccia al ventre, attorno alle mammelle, per tenervi gli stessi figli finchè sono abbastanza sviluppati.

I marsupiali ora viventi appartengono a molti ordini che corrispondono a quelli dei mammiferi ordinarii. Ve n' ha di carnivori, d' insettivori, di erbivori, di rosicanti, di scavatori, di saltatori e perfino di quelli muniti di una pelle estesa fra le braccia e le gambe per poter meglio saltare da un albero all' altro. Ebbene, tra i fossili della Nuova Olanda si sono trovati specie spettanti a tutti questi gruppi ed altre ancora molto grandi, che rappresentavano in quel paese i mastodonti e gli elefanti degli altri.

**185. Nella Nuova Zelanda** non si trovò finora alcun mammifero fossile, come non si trovò alcun mammifero vivente e come oggi vi cammina un uccello analogo allo struzzo, ma piccolo e quasi affatto senz'ali, l'*Apteryx*, così si trovarono fossili gli avanzi di varii uccelli camminatori, il cui genere fu chiamato *Dinornis*, e i quali sono grandi più del doppio dello struzzo comune.

**186. Caverne ossifere.** — In quasi tutti i luoghi ove sono rocce calcaree molto sode ed in potenti depositi, e particolarmente quelle dei terreni secondarii si trovano numerose caverne, aperte appunto in queste rocce. Tali caverne sono per lo più formate da grandi camere, spesso collocate a varie altezze, e communicanti fra loro per mezzo di stretti cunicoli o di strette fessure, così che non si può passare dall' una all'altra senza l' aiuto di scale e di corde.

In esse scorre sovente qualche ruscello, che nelle camere forma dei laghetti. Dalle pareti e dalle loro minime fessure gemono continuamente le acque filtrate attraverso le rocce sovrapposte, e siccome queste acque hanno assorbito del gas acido carbonico nell'aria o nell'attraversare il terreno vegetale, così disciolgono una certa quantità di carbonato di calce, e quando giungono nella caverna, perdendo l'acido carbonico ed evaporandosi esse stesse, ve lo depongono contro la vôlta, sulle pareti e sul fondo, formando così quelle concrezioni a tutti note, che si chiamano stalattiti e stalammiti.

Tali caverne sono frequenti nelle Alpi lombarde (Buco dell'orso sul lago di Como, Buco del Piombo presso Erba, caverna di Levrange in Val Camonica, ecc.), nelle Alpi venete (al Serbaro, alla Selva di Progno, al Cerè, a Veja, ecc.), presso Siena, in Sicilia, in Sardegna, nel Giura svizzero, nel Giura franconese (Muggendorf, Gaileureuth, ecc), nell'Harz, nella provincia di Luttich nel Belgio, in Francia presso Besançon e Montpellier, in Inghilterra a Kirkdale, nell'Yorkshire, ecc.

Queste caverne contengono bene spesso degli ossami di mammiferi, specialmente orsi, jene e ruminanti, sparsi irregolarmente in un fango spesso rossastro o nericcio, insieme con molte coproliti e molti ciottoli più o meno arrotondati, sotto alla crosta stalammitica che riveste il suolo della caverna. Non si trovano quindi se non rompendo questa crosta e frugando nel sottoposto fango. — Come vi giunsero dunque queste ossa? — Si credette dapprima che ci fossero entrate all'epoca del diluvio biblico, insieme colle acque e coi ciottoli e col fango, alla rinfusa e tutte insieme. Poi, essendo state trovate molte caverne in cui anche attualmente vivono delle jene, ed essendosi rimarcato che nelle caverne ossifere predominano sempre le ossa dei carnivori (orsi e jene), e quegli degli erbivori presentano spesso le tracce dei denti che le hanno spolpate o delle ferite ricevute nell'ultima lotta, ed essendosi anche fatto attenzione alle coproliti che spesso si raccolgono in grande quantità insieme colle ossa, si disse che nell'epoca quaternaria le caverne furono abitate dagli orsi e dalle jene, e che questi carnivori vi deposero così i loro escrementi e vi strascinarono le loro vittime. Ma contro questa opinione stanno tre fatti importantissimi, la presenza dei ciottoli arrotondati misti colle ossa, il disordine in cui sono queste, e l'osservazione dei costumi degli odierni carnivori, che non si servono delle caverne se non per estremo rifugio, non vi portano mai dentro le loro prede, e non vivono mai insieme individui spettanti a due o più specie differenti. Bisogna dunque ritornare alla

prima opinione, senza però farne un episodio del diluvio biblico, oppure prendere una via di mezzo, e supporre che i carnivori siano venuti di tanto in tanto a ricoverarsi od a morire nelle caverne, intorno alle entrate di queste abbiano abbandonati gli avanzi delle loro prede, e che alla fine qualche inondazione formidabile abbia cacciato a poco a poco i carnivori e gli erbivori presso le caverne, e finalmente li abbia portati dentro le caverne stesse, tutti insieme, confusamente, e con tutti gli ossami ancora sparsi nei dintorni. Così si spiegherebbero il disordine delle ossa, la miscela delle varie specie carnivore e delle erbivore, l'esistenza delle ossa colle tracce dei denti e delle ferite, la presenza dei ciottoli, delle coproliti, ecc.

**187. Terreno erratico della Svizzera.** — La pianura svizzera, formata di rocce plioceniche è compresa fra le Alpi e il Giura, è interamente coperta da depositi irregolari di argille, di sabbie e di ciottoli più o meno arrotondati. Fin qui nulla di strano. Ma, se si osservano minutamente questi ciottoli si trova che la loro superficie è molto più liscia di quella dei ciottoli portati dai torrenti attuali, ed anche sparsa di molte strie e solcature assai nette e definite, simili a quelle che vi farebbe un bulino ben temperato. Non basta. Sparsi qua e là per tutta la pianura si vedono molti massi di varie dimensioni, spesso del diametro di 40 e più piedi, di rocce cristalline od ignee, non arrotondati, ma con angoli assai vivi e come se fossero appena staccati da una montagna. Altri massi analoghi sono riuniti in cumuli con forma di argine, insieme con argilla, sabbia e ciottoli simili a quelli or ora descritti. Questi sono i massi che si chiamano *massi erratici* o *trovanti*.

Se dalla pianura ascendiamo in qualunque delle valli alpine, troviamo ancora gli stessi ciottoli, le stesse argille e sabbie, e gli stessi massi, ora isolati ed ora disposti in argini, i quali sono ad una certa altezza sopra i fianchi della valle e paralleli alla valle stessa, o attraversano come una diga il fondo stesso della valle, fermando così talvolta l'acqua dei fiumi, dei torrenti, e dando origine a laghi. E questo fin là dove si incontrano i ghiacciai attuali, ed anche più in alto, sopra questi, fino ad una certa altezza. Siffatti argini o dighe non sono però sempre facilmente riconoscibili. Nell'alto delle valli si vedono bene i massi che li compongono; poco più in basso sorgono fra i massi delle felci e delle piante che li mascherano; un po' più in basso ancora tutto l'argine è rivestito di terra vegetale, dalla quale spuntano difficilmente gli angoli dei massi, ancora più in basso gli argini sono completamente mascherati da boschi e da folte erbe, e da abitazioni sovr'essi costruite.

Ma v'ha ancora un altro fatto singolarissimo, ed è l'esistenza di rocce componenti le montagne o il fondo delle valli sotto alla terra vegetale e ai depositi irregolari, lisciate perfettamente e coperte di strie e solchi simili a quelli osservati sui ciottoli, e per lo più diretti parallelamente al fondo della valle. Queste sono poi anche arrotondate, e formano dei dossi, che sembrano mucchii tondeggianti di lana, o riunioni di migliaja di montoni, per cui i Francesi le hanno chiamate *Roches moutonnées.* Queste rocce lisciate, rigate e arrotondate terminano superiormente là dove sono i più alti argini di massi erratici.

Sui fianchi del Giura si trovano a varie altezze altri massi erratici, corrispondenti a quelli delle valli alpine.

Finalmente si è osservato che in ciascuna valle e sulla pianura davanti al suo sbocco non si trovano che ciottoli e massi di rocce che sono *in posto,* cioè formano montagne e filoni, nella stessa valle.

Da tutto questo si conchiude facilmente che la causa, la quale ha prodotto tutte queste singolarità, agì dall'alto di ciascuna valle fino sui fianchi del Giura che stanno di fronte allo sbocco di quella valle, e nella direzione della valle stessa. Ma quale fu questa causa?

Per molti anni si disse che argille, sabbie, ciottoli e massi, tutto fu trasportato dall'alto delle valli alpine, fin alla pianura, anzi fin sui fianchi del Giura da potentissimi torrenti fangosi, simili a quelli che talvolta portano la desolazione anche attualmente nelle valli delle Alpi in seguito a dirottissime piogge. E si sono anche fatti ingegnosissimi calcoli per vedere quanta dovesse essere la loro velocità, di quant'acqua dovessero essere composti, quale dovesse essere la loro forza, ecc. Ma con questi torrenti fangosi non si possono spiegare le lisciature, le striature delle rocce, e la produzione degli argini di massi che attraversano le valli; anzi questi fatti sono decisamente opposti a quell'ipotesi, perchè l'acqua liscia, le rocce, ma non mai così bene come quelle delle valli Alpine, e nel lisciarle a suo modo non produce, anzi fa scomparire quelle strisce e solcature caratteristiche delle rocce lisciate alpine; e d'altra parte i torrenti fangosi od acquei tendono a distruggere e non a produrre gli argini che attraversano le valli. E di più non si può con essi spiegare la formazione dei ciottoli lisciati o regolarmente striati, e neppure il pochissimo mischiarsi dei ciottoli e dei massi provenienti dalle diverse valli, là dove sboccano nella pianura.

Venne poi in campo la *teoria glaciale,* ed ecco come.

Tutti quelli che hanno attraversato una volta almeno le Alpi della Savoia o della Svizzera sanno cos'è un *ghiacciaio,* una massa di

ghiaccio, che discende dal mantello di neve dei bacini compresi fra le più alte cime, e si avanza molto più in basso della linea delle nevi perpetue, fra i campi e le foreste. In questi elevati bacini cade sempre nuova neve, e si forma sempre nuovo ghiaccio; all' estremità inferiore invece il ghiacciaio continua sempre a sciogliersi, dando origine a torrenti e fiumi d'acqua freddissima. Negli anni freddi il ghiacciaio guadagna più di quello che perde, e la sua estremità inferiore si avanza verso il basso della valle; negli anni caldi perde più di quello che guadagna, e l'estremità inferiore si ritira più in alto. Tutto il ghiacciaio è poi sempre in continuo movimento, appunto per la continua produzione di ghiaccio nelle sue parti superiori, per il suo peso, e per una certa quale plasticità di cui è dotata l' intera sua massa. Discende per la valle, lentissimamente, come farebbe una certa quantità di fango poco molle, messo sopra un piano con due sponde laterali e pochissimo inclinato. Discende più rapidamente lungo la linea mediana che ai lati, e non si avanza continuamente nella bassa valle, appunto per la continua liquefazione del ghiaccio che forma la sua parte estrema. I massi che si staccano dai monti circostanti e cadono sul ghiacciaio, vengono da questo lentissimamente rimandati contro i fianchi della valle, dove si accumulano, formando degli argini triangolari, chiamati *morene laterali*, oppure sono da lui trasportati fin alla sua estremità inferiore, e là si accumulano egualmente, formando un altro argine, che attraversa la valle e che è la *morena frontale*. Questa però non si trova che nei ghiacciai completi, che terminano in una valle poco inclinata. Tutti questi massi nelle morene, non essendosi mai sfregati fra loro o contro le altre rocce, conservano perfettamente la loro forma primitiva. Finalmente, fra il ghiacciaio e i fianchi della valle cadono di continuo dei massi e dei frammenti, che a poco a poco vanno sotto al ghiacciaio, e da questo sono triturati e ridotti in sabbia e argilla, oppure sono tenuti fermamente e adoperati, per così dire, a sfregare le rocce solide sottoposte. In questo secondo caso, tanto le rocce sottoposte, quanto gli stessi frammenti si lisciano perfettamente e si coprono di strie e di solchi assai netti e definiti e diretti più o meno parallelamente alla linea mediana della valle.

Questi sono i principali fenomeni presentati dai ghiacciai; e bastava descriverli così succintamente per dimostrare i rapporti strettissimi che passano fra essi e quelli del terreno erratico svizzero.

Supponiamo infatti che nell' epoca quaternaria tutti i ghiacciai che ora si trovano nelle valli dell'Arve, del Rodano, dell'Aar, della Linth e del Reno si siano a poco a poco ingrossati ed estesi fino

allo sbocco delle valli, anzi fin al di là della pianura, contro i fianchi del Giura. Avranno prodotto delle morene laterali molto più in alto e molto più lunghe delle attuali; avranno prodotto delle morene frontali, anzi una sola morena frontale gigantesca sui fianchi del Giura; perchè nella pianura tutti i ghiacciai si saranno uniti insieme, avranno lisciato e rigato tutte le rocce solide del fondo e dei fianchi delle valli fino all'altezza delle morene laterali, ed avranno lasciato sul fondo tutti i detriti, le argille e le sabbie, non che i ciottoli e i massi lisciati e rigati che si trovavano sotto di essi. — E tutte queste cose si vedono ancora oggidì, benchè alterate e guaste, e in parte distrutte da varie cause naturali ed anche dall'uomo per averne materiali da costruzione o pei bisogni della coltivazione.

Supponiamo che il clima si sia a poco a poco riscaldato dopo quell'epoca più fredda, e che i ghiacciai abbiano a poco a poco diminuito di estensione. Nel ritirarsi gradatamente e ad intervalli avranno lasciato al loro posto le morene laterali e frontali, finchè saranno divenuti così piccoli come sono attualmente. E infatti troviamo degli avanzi di morene frontali qua e là per la pianura, presso il lago di Ginevra, presso Berna, presso Bremgarten, nella valle della Linth, presso al lago di Zurigo, ecc., ed altri ancora a varie altezze nelle valli alpine.

Tutto prova dunque essere avvenuto ciò che noi abbiamo supposto, ed ora ammettono quasi tutti questa teoria per la spiegazione dei fatti descritti.

V'ha però alcuno che vuole modificarla un poco, ammettendo che la pianura fra le Alpi e il Giura sia stata un golfo di mare, e che i ghiacciai alpini si siano estesi soltanto fin a questo mare, e qui abbiano riprodotti i fenomeni che si osservano allo Spitzberg e altrove, abbiano cioè prodotto dei ghiacci galleggianti, capaci di portare fin al Giura i massi erratici che vi si trovano e di spargere altri massi, i ciottoli rigati e i detriti minori per tutto il golfo. Secondo questo modo di vedere, la Svizvera si trovò allora nelle circostanze del canale che separa le Ande del Chilì dall'isola di Chiloe, sulla quale arrivano dei massi portati dai ghiacci galleggianti, che si sono staccati dai ghiacciai che discendono dalle Ande fin al livello del mare. Ma contro questa opinione del celebre geologo inglese Lyell sembra che protestino gli avanzi di vere morene frontali, che sono sparsi per la pianura.

**188. Altri terreni erratici simili a quelli della Svizzera** si trovano nelle altre parti delle più alte Alpi, verso la Francia e verso l'Italia. Allo sbocco delle valli delle due Dore nella pianura della

valle del Po (presso Torino e intorno a Ivrea) si trovano perfettissimi avanzi di morene laterali e frontali, con ciottoli rigati, massi erratici, fango non stratificato, ecc.; altri si trovano intorno al lago d'Orta, presso l'estremità inferiore dei laghi Maggiore e di Garda, e al sud di Como; rocce striate ed altre tracce di antichi ghiacciai si trovarono in molte valli del Piemonte e specialmente in quelle delle due Dore; altre prove dell'esistenza d'antichi estesissimi ghiacciai si trovano nelle Alpi francesi e nel Delfinato; anzi in questi ultimi luoghi si vogliono da taluno trovarsi perfino le tracce di due successive epoche glaciali, separate da un'epoca meno fredda e coi ghiacciai più ristretti. — Intorno alle più alte Alpi devesi dunque ammettere per l'epoca glaciale uno straordinario sviluppo dei ghiacciai, con tutti i loro fenomeni e le loro conseguenze.

Altrettanto si può ripetere per i Pirenei, i monti Vogesi, la Selva Nera, le Ande dell'America meridionale, ecc.

**189. Terreno erratico del Nord.** — Ora passiamo a fatti analoghi a quelli or ora descritti, ma molto più estesamente sviluppati, nelle regioni nordiche dei due Continenti.

In Inghilterra e nella Scozia sulle coste orientali v'ha un potente deposito di argille, di sabbie o di altri detriti, che prende il nome locale di *till* oppure di *drift,* e porta molti massi erratici, analoghi per le forme a quelli delle Alpi, e formati da rocce che non si trovano in posto se non nella penisola scandinava; questo deposito non è regolarmente stratificato come i sedimenti comuni, ma ha degli strati irregolari, spesso assai contorti e ripiegati e disposti in modi stranissimi, che non si possono spiegare se non mediante pressioni laterali ripetute ad intervalli. Contiene anche fossili analoghi agli animali ora viventi nei mari vicini ed anche nei mari più freddi. Le rocce solide poi, che formano quelle coste, sono in molti luoghi lisciate e coperte di strie e solcature, la cui direzione va verso il centro e il nord della penisola scandinava.

I detriti e i massi erratici si osservano in tutte le vicine regioni, nella Danimarca, nelle provincie germaniche e russe lungo il Baltico, nella Finlandia e nella stessa Svezia e Norvegia. In queste ultime regioni v'hanno anche rocce lisciate, scanalate e striate, e i monti sono tutti arrotondati e formano una specie di altipiano con profonde spanature. Le solcature e striature sono generalmente dirette da nord a sud, ma più verso sud-ovest nella Danimarca, verso sud-est nella Finlandia, e verso nord nella Lapponia, così che sembrano partite tutte da un centro comune, che dev'essere intorno i

monti Kjölen nella penisola scandinava. E le rocce che formano i massi erratici sono tutte eguali a quelle che formano questa penisola.

Nella Svezia si vedono anche argini formati di massi e di detriti, ma non così perfetti come quelli della Svizzera.

Nel nord dell'America si osservano le stesse cose, insieme con diversi sedimenti con fossili di acqua dolce, ed altri con ossami di mammiferi.

A spiegare questi fatti non sembra avervi che due modi: — supporre l'esistenza, durante l'epoca glaciale, d'un immenso mantello di ghiaccio, che, partendo dal centro della penisola scandinava, si distendeva all'intorno fin sulle coste della Scozia e dell'Inghilterra e fin sulle pianure germaniche, russe, finlandiche e lapponiche, lisciando e solcando le rocce solide, e spargendo dovunque i detriti, e i massi da lui portati; e supporre un altro mantello di ghiaccio con analoghi fenomeni nel nord dell'America; — oppure supporre che le regioni piane si siano abbassate sotto al livello del mare, ma pochissimo, che le montagne siano rimaste fuori, che su queste si siano formati estesissimi ghiacci, che questi siano discesi fino al mare e si siano avanzati sovr'esso, cacciando davanti a sè sul fondo stesso del mare tutti i detriti, sconvolgendone gli strati, spargendo all'intorno i massi erratici, e mandandone alcuni anche a maggiori distanze per mezzo di ghiacci galleggianti.

A produrre questa seconda serie di fenomeni il Lyell non crede che fosse necessario un clima così freddo come per la prima, giacchè fenomeni analoghi avvengono attualmente nell'emisfero australe fino ad una latitudine eguale a quella del Baltico, ed anche dell'Italia. In quell'emisfero, fra il 60° e il 45° parallelo di latitudine sud si stendono ghiacciai, si formano depositi di detriti, si spargono massi erratici in numero infinito, partendo tutti da varii centri, che sono isole coperte di ghiaccio, come la Georgia del sud, collocata alla stessa latitudine delle montagne del Cumberland nell'Inghilterra, mentre in Europa la zona che ha la stessa distanza dal polo è sgombra di ghiacci, o non ne ha che nelle valli più elevate. È poi singolare il fatto che a soli 1400 metri dalla Georgia del sud, dalla quale scendono i ghiacci fino al livello del mare, si trovano le rigogliose foreste della Terra del Fuoco. Basterebbero dunque, e dice il Lyell, devono esser bastati nell'epoca quaternaria, piccoli cangiamenti nella geografia fisica dell'Europa e dell'America, per ridurre il clima delle regioni nordiche abbastanza freddo, da dare origine ai fennomeni descritti.

**190. Clima durante l'epoca glaciale.** — Ripugna alquanto am-

mettere un' epoca molto fredda dopo quella nella quale vivevano fin nel cuore dell'Europa le palme: ma pure i fatti lo vogliono e contro i fatti non vale alcuna ragione teorica ed alcuna ipotesi. Vi hanno però dei fatti che ci mostrano un certo qual passaggio da un'epoca all'altra, e sono quelli delle conchiglie e degli altri animali assai simili e spesso anche eguali a quelli ora viventi negli stessi paesi o nei mari vicini, contenuti nei sedimenti della prima parte dell' epoca quaternaria. — Durante questa prima parte dell' epoca quaternaria il clima dell' Europa era divenuto affatto eguale all'attuale; si raffreddò poi a poco a poco, così che si formarono quei mantelli di ghiaccio e quegli immensi ghiacciai che ho descritti; poi ritornò a poco a poco come prima, i ghiacci e i ghiacciai diminuirono d' estensione, i terreni allagati emersero, e l' Europa acquistò finalmente il suo stato attuale.

Parlando del freddo dell'epoca glaciale devo però aggiungere che non fu così forte da produrre la morte delle specie che vivevano prima, e che perciò si trovano tanto nei sedimenti anteriori quanto nei posteriori.

Ed aggiungerò pure, che, mentre il Lyell crede bastassero pochi mutamenti nella geografia fisica a produrre l' epoca glaciale, il Vogt sembra ammettere invece come causa di quell' epoca fredda il fenomeno astronomico della *nutazione* e della *precessione degli equinozii*, per il quale l'asse della terra ha un movimento alternativo, e ciascun polo si volge ora più ora meno al sole, e quindi riceve ora più ed ora meno calore. Il periodo di queste variazioni sarebbe di 10,500 anni; nell'anno 1248 dopo Cristo si sarebbero trovati tutti due i poli egualmente esposti dal sole; prima di quell'epoca sarebbe stato più esposto e quindi più caldo il polo sud, ed ora andrebbe a poco a poco volgendosi maggiormente al sole e quindi riscaldandosi il polo nord. L'epoca del maggior freddo al polo nord sarebbe stata secondo questa ipotesi l' epoca glaciale.

**191. Alluvioni antiche.** — La fusione dei ghiacciai produce attualmente una grande quantità di acqua, che porta e sparge per le valli e per le pianure grandi quantità di detriti, deponendo dapprima i più voluminosi, poi i ciottoli, poi le ghiaie, e per ultimo le argille. La stessa cosa, ma in più grande scala, a motivo della maggiore grandezza dei ghiacciai e della loro distruzione più rapida, così che diminuirono di volume fino a ridursi come sono attualmente, deve essere avvenuta nella seconda metà dell'epoca glaciale, durante il ritorno del clima al suo stato attuale. Ecco l' origine di quelle congerie di ciottoli, ghiaie e argille, che formano il suolo delle valli

e delle pianure intorno alle Alpi, ai Pirenei, ed alle altre maggiori catene montuose, che si chiamano *alluvioni antiche* per distinguerle dalle attuali, e che presentano appunto più presso ai ghiacciai i maggiori pezzi di rocce, più in basso nelle valli i più grossi ciottoli, poi i minori, poi le ghiaie, e finalmente nelle aperte pianure, dove le acque potevano allargarsi molto e perdere con ciò molto in velocità, le argille. In questi depositi si trovano ancora avanzi di animali, ma molto meno abbondanti, perchè non si sono fatti sott'acqua come i sedimenti anteriori all'epoca glaciale.

**192. Rocce vulcaniche.** — Finora ci siamo occupati dell'acqua e del ghiaccio e dei loro prodotti, vediamo ora cosa fece il fuoco durante l'epoca quaternaria.

Le sue opere si trovano nella zona vulcanica romana, nei dintorni di Napoli e in Sicilia, in Sardegna, nell'Alvernia, e in molti altri luoghi.

I tufi vulcanici, regolarmente stratificati, che formano il suolo dal Monte Amiata e da Radicofani a Roma, intorno a Napoli, e in varie parti della Sicilia, e che sono sovrapposti alle rocce plioceniche, appartengono all'epoca quaternaria o alla fine dell'epoca pliocenica, e si sono certamente formati con sostanze incoerenti, come ceneri e sabbie, eruttate da bocche vulcaniche sparse qua e là per quelle regioni. — Più tardi v'ebbero emersioni di lave basaltiche, che, smossero questi strati di scorie, di tufo, e formarono i crateri rotondi, nei quali, ora che sono chiusi e raffreddati, è raccolta l'acqua dei laghi di Bolsena, di Bracciano, ecc. — Più tardi ancora si aprirono altre bocche, e si formarono i vulcani che sono ora il Vesuvio e l'Etna, e quelli più piccoli, ma molto numerosi dei Campi Flegrei. (fig. 152).

Nel nord-ovest della Sardegna, nella regione già occupata dalle trachiti, sorsero molti crateri, che fecero le loro eruzioni e poi si spensero, ma si conservarono così perfettamente come quelli presso Napoli, così che si riconoscono assai facilmente alla loro forma conica, ed alle scorie che scendono sui loro fianchi.

Lo stesso avvenne nella Alvernia, dove si trovano egualmente molti piccoli vulcani estinti, conici, coi loro crateri, colle loro lave e scorie e pomici, e con tutti gli altri caratteri, che li fanno subito riconoscere d'origine vulcanica, (fig. 153).

**193. Dislocazioni ed altri movimenti. — Sistemi del Tenaro e delle Ande.** — L'ultimo dei sistemi montuosi studiati da Elia di Beaumont è quello detto del *Tenaro*, dal luogo ove è meglio caratterizzato in Grecia. Le dislocazioni che gli appartengono fecero

emergere tutti i sedimenti quaternarii che conosciamo intorno al Mediterraneo, e diedero, per così dire, l'ultima mano a varie catene montuose.

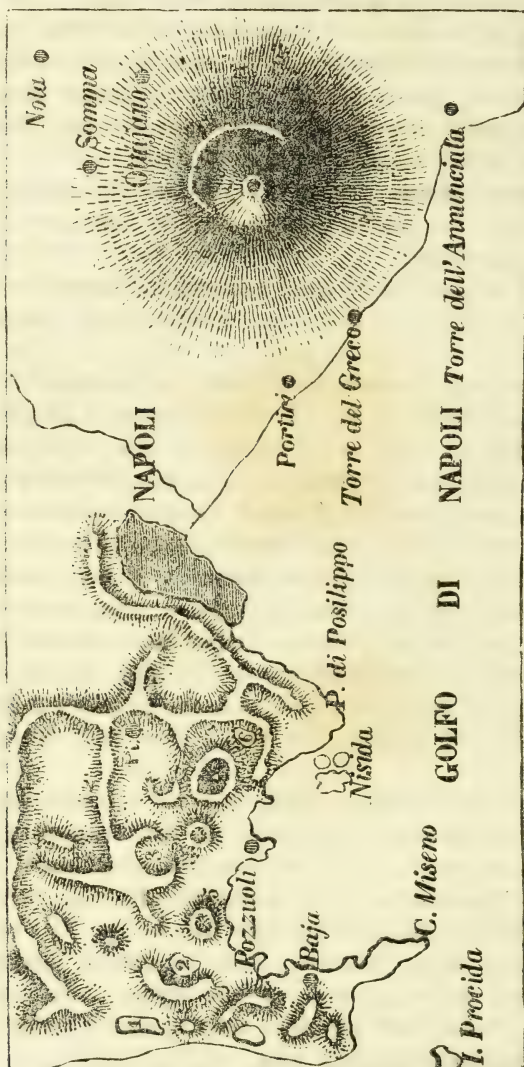



Fig. 152. *Dintorni di Napoli comprendenti i Campi Flegrei e il Vesuvio.* (1).

(1) 1. Lago di Licola. -- 2. Lago d'Averno. -- 3. Monte Barbaro. -- 4. Monte Cornaro. -- Monte Nuovo. -- 6. L.ago d'Agnano. -- Pi. Pianura.

Ma, se pur si devono ammettere, per questo sistema di dislocazioni e per tutti gli altri classificati dal De Beaumont, dei movimenti bruschi e violenti, ciò che non si vuole da molti geologi, parmi che non si possano negare anche dei movimenti lentissimi ed insensibili,

ma pure molto importanti nella loro lunghissima durata e nei loro effetti. Ad essi si devono, come abbiamo veduto, molti dei fenomeni dell' epoca glaciale; ed essi si manifestarono nelle epoche storiche e

Fig. 155. *Veduta d'una parte del gruppo di monti vulcanici dell'Alvernia.*

si manifestano tuttora nella penisola scandinava, in certe coste della Francia, e in molte parti delle coste d'Italia, particolarmente a Pozzuoli presso Napoli, come si è esposto con sufficienti particolari nel trattatello precedente. (Vedi p. 219).

Alle dislocazioni di quest'epoca si devono, a quanto pare, anche la rottura degli istmi che univano la Sardegna alla Corsica, l'Italia alla Sicilia, la Spagna all'Africa, la Turchia all'Asia Minore, ecc., e quindi la produzione degli stretti di Bonifacio, di Messina, di Gibilterra, dei Dardanelli, di Costantinopoli, ecc.

Alcuni geologi vogliono attribuire alle stesse dislocazioni anche la scomparsa d'un continente che si suppone esistesse nell'Atlantico, e che sarebbe l'Atlantide degli antichi geografi greci. Altri però la vorrebbero prodotta da un sistema di dislocazioni molto più potente, e affatto gigantesco, per il quale, alla fine dell'epoca quaternaria, e fors'anche più tardi, acquistarono la loro altezza e forma attuale le Ande e Cordigliere d'America.

**194. Comparsa dell'uomo. — Principio dell'epoca attuale.** — Quando comparve l'uomo? E quando cominciò l'attuale epoca geologica?

Se intendiamo per epoca attuale quella nella quale cominciarono a vivere le specie ora viventi, bisogna forse mettere in quest'epoca attuale anche una parte dell'epoca quaternaria, perchè i sedimenti che in questa si formarono, contengono avanzi di specie miste, le une ora estinte, le altre ancora viventi. Ed è difficile il trovare e fissare proprio il momento nel quale cominciarono a comparire sulla terra le specie ora viventi. Anzi, dirò, è forse impossibile, perchè assai probabilmente non comparvero tutte insieme, ma alcune prima, altre dopo, altre più tardi ancora, così come non cessarono di vivere tutte insieme le specie ora estinte, ma alcune cessarono prima della fine dell'epoca quaternaria, altre poco dopo, altre più tardi ancora, dopo la comparsa dell' uomo.

Se vogliamo cominciata l' epoca attuale colla comparsa dell'uomo sulla terra, siamo appress' a poco nella medesima incertezza.

Sui sedimenti quaternarii si trovano in Sardegna certi depositi conchigliferi, che contengono pezzi di terra cotta artificialmente, che forse servirono a pescatori per tendere le reti nel mare. Insieme cogli ossami di elefanti o mastodonti, spettanti a specie ora estinte, si trovarono in parecchi luoghi di Francia delle ossa certamente umane. Sulla costa della Guadalupa, in un sedimento calcareo emerso dal mare si raccolsero altre ossa umane. Selci lavorate in guisa da farne scuri ed armi, come si usa tuttora da molti selvaggi, si estrassero da caverne ossifere e da altri sedimenti d'Europa, insieme con ossa d'orso e d' altre specie ora non più viventi. Da questi e da altri fatti analoghi *sembra provato che l'uomo abbia cominciato a vivere in Europa mentre ancora vivevano molte specie destinate a perire poco dopo, e fors'anche prima dell'epoca glaciale.* Ma in Asia, nel paese che tradizioni e fatti ci insegnano esser stato la culla del genere umano, cominciò esso a vivere nello stesso tempo o prima che in Europa? — A questa domanda non mi consta che si possa dare per ora una risposta abbastanza soddisfacente.

Ed eccoci in tal modo giunti, anzi già avanzati nell'epoca attuale, nella quale avvengono i fenomeni che tutti possiamo studiare direttamente, e non più col mezzo delle tracce da loro lasciate nel gran libro della Natura. Il quale non può in alcun modo paragonarsi ad un libro qualunque, chiaramente stampato, che contenga e racconti completamente la storia di tutti i fatti antichi e della loro successione e concatenazione; ma è un libro guasto, mancante di molte e molte pagine, così che bisogna interpretarlo cogli stessi sforzi d'ingegno e colla stessa perseveranza, con cui si studia la storia antica nelle medaglie e nei monumenti assirii ed egizzii, oppure come si dovrebbe studiare la storia universale in un libro, dal quale più della metà delle pagine fosse levata o guasta o macchiata, in modo da presentare una infinità di lacune grandi e piccole, e di generare nella nostra mente un gran numero di dubbii, di errori e di quistioni insolubili.

## VI.

## GEOGENIA BIBLICA

## OSSIA STORIA DELLA TERRA SECONDO LA BIBBIA.

**195. Creazione secondo la Genesi.** — Abbiamo veduto finora la Storia della terra avanti la comparsa dell'uomo, dedotta scientificamente dai fatti; vediamola ora esposta in pochissime parole dalla Bibbia.

*In principio Dio creò il cielo e la terra, ma la terra era dapprima deserta e vacua e circondata di tenebre e di acque; e Dio creò la luce e la separò dalle tenebre. Nel secondo giorno fece il firmamento e divise con esso le acque inferiori dalle superiori* (1).

Con queste frasi generali ci s' insegna che *tutto l'universo fu creato da Dio;* si allude al suo *primo stato confuso,* così che non si distinguevano ancora nè sole, nè pianeti, nè aria, nè acqua, nè altro degli oggetti attuali; si afferma che *la luce può stare da sè anche senza il sole;* si parla di un *qualche cosa di espanso*, di uno spazio occupato da fluidi espansi, dell'*atmosfera*, insomma, che anche volgarmente è chiamato *cielo* (e il vocabolo ebraico qui adoperato significa *qualche cosa di espanso, firmamento* o *cielo stellato*, *cielo*); che Dio separò le *acque inferiori,* condensate allo stato liquido sulla terra, dalle *acque superiori,* allo stato vaporoso nelle nubi; e si afferma che tutto questo fu prodotto in due giorni, ma giorni di durata indeterminata ossia *epoche,* come l' intesero tutti i santi Padri, fondandosi sulla parola ebraica adoperata, che significa ora *giorno* di ventiquattro ore ed ora *tempo* indeterminato. — E tutto questo va d' accordo colle teorie geologiche.

(1) *In principio creavit Deus cœlum et terram. Terra autem erat inanis et vacua, et tenebræ erant super faciem abyssi: et spiritus Dei ferebatur super aquas. Dixitque Deus: Fiat lux; et facta est lux. Et vidit Deus lucem quod esset bona: et divisit lucem a tenebris. Appellavitque lucem diem, et tenebras noctem. Factumque est vespere et mane dies unus. Dixit quoque Deus: Fiat firmamentum in medio aquarum: et dividat aquas ab aquis. Et fecit Deus firmamentum, divisitque aquas quæ erant sub firmamento ab his quæ erant super firmamentum. Et factum est ita. Vocavit Deus firmamentum cœlum. Et factum est vespere et mane dies secundus.* Gen., I. 1-8.

Nel terzo giorno, dice la Bibbia, *Iddio ordinò alle acque inferiori di radunarsi in un sol luogo ed alle terre di apparire asciutte, ed a queste comandò anche di germogliare erbe e piante coi loro semi e frutti* (1).

Nella seconda epoca, dietro il comando di Dio, *cominciarono* i movimenti e le dislocazioni che produssero i continenti, le montagne, le valli e i bacini dei mari, e *cominciarono* a nascere ed a crescere nei modi ordinarii i vegetali. Dico *cominciarono*, perchè tanto i movimenti quanto la vegetazione continuarono ad aver luogo per tutte le epoche successive, come continuano tuttora. — Ed anche questo non è contrario alle teorie geologiche, come è naturale che dapprima si siano prodotte le erbe e le piante destinate a nutrire i primi animali da crearsi nell'epoca successiva. Alla produzione dei continenti, dei monti, ecc., allude anche il Salmo CIV.

Nel quarto giorno, racconta Mosè, *Dio creò il sole, la luna e le stelle, perchè presiedessero al giorno e alla notte, e segnassero i tempi, i giorni e gli anni* (2). Queste frasi non hanno bisogno di spiegazione; soltanto si potrebbe far osservare l'opportunità di creare il sole e gli altri luminari allora che i vegetali cominciarono ad aver bisogno dell'alternanza dei giorni e delle notti e delle stagioni per potersi sviluppare convenevolmente.

Un geologo direbbe che il sole e gli altri astri comparvero e si videro dalla terra ed agirono sovr' essa quando furono abbastanza condensate le sue materie, e quando l'atmosfera terrestre fu abbastanza trasparente per lasciarli vedere ossia per lasciar passare i loro raggi; e crederebbe di conciliare così le teorie geologiche colle parole della Bibbia.

(1) *Dixit vero Deus: Congregentur aquæ, quæ sub cœlo sunt, in locum unum: et appareat arida. Et factum est ita. Et vocavit Deus aridam, terram, congregationesque aquarum appellavit maria. Et vidit Deus quod esset bonum. Et ait: Germinet terra herbam virentem et facientem semen, et lignum pomiferum faciens fructum juxta genus suum, cujus semen in semetipso sit super terram. Et factum est ita. Et protulit terra herbam virentem et facientem semen juxta genus suum; lignumque faciens fructum, et habens unumquodque sementem secundum speciem suam. Et vidit Deus quod esset bonum. Et factum est vespere et mane dies tertius.* Gen., II. 9-13.

(2) *Dixit autem Deus: Fiant luminaria in firmamento cœli, et dividant diem ac noctem, et sint in signa et tempora, et dies et annos. Ut luceant in firmamento cœli, et illuminent terram. Et factum est ita. Fecitque Deus duo luminaria magna: luminare majus, ut præesset diei: et luminare minus, ut præesset nocti: et stellas. Et posuit eas in firmamento cœli, ut lucerent super terram. Et præessent diei ac nocti, et dividerent lucem ac tenebras. Et vidit Deus quod esset bonum. Et factum est vespere et mane dies quartus.* Gen., I. 14-29.

Nel quinto giorno, prosegue il racconto biblico, *creò Dio gli animali acquatici, o mostri marini, gli uccelli ed ogni altro volatile* (1); e i geologi trovano negli strati più antichi le tracce di animali marini o in generale acquatici, di rettili anfibii e di uccelli.

Il sesto ed ultimo giorno comprende *la creazione degli animali terrestri* e poi *la formazione dell'uomo* (2); e la geologia insegna che dopo gli acquatici comparvero gli animali terrestri, e che dell'uomo non si trovano tracce, se non nei depositi più recenti.

Segue poi nel racconto di Mosè una lunga serie d'anni, durante la quale la corruzione dell'uman genere crebbe di tanto, che Dio si determinò a castigarlo, dapprima col *diluvio universale* e in appresso con altri mezzi, quale, per esempio, il fuoco che distrusse Sodoma e Gomorra.

Quanto a quest'ultimo castigo, sembra che il fuoco fosse un' eruzione vulcanica improvvisa; giacchè i viaggiatori trovano nei luoghi anticamente occupati da quelle città e nei dintorni molte lave e scorie ed altri prodotti vulcanici.

**196. Il diluvio descritto dalla Bibbia** è un fatto così importante, che alcuni, non sapendo spiegare come possa essere stato davvero universale, lo negarono affatto, o almeno lo considerarono come un' inondazione parziale di un piccolo tratto di paese, ed altri, volendolo pure spiegare in qualche modo, misero in campo le più strane ipotesi.

S' imaginarono piogge straordinariamente abbondanti, acque rigettate dalle cavità sotterranee, venti fortissimi che spingessero le acque del mare a inondare le terre; si suppose che qualche corpo celeste colla sua forza d'attrazione conducesse le acque sopra i continenti, o che il cangiamento d' inclinazione dell'asse terrestre rispetto all'eclittica desse origine a piogge, inondazioni, ecc.; si volle perfino che le acque del diluvio provenissero dalla combustione di

(1) *Dixit etiam Deus: Producant aquæ reptile animæ viventis, et volatile super terram sub firmamento cœli. Creavitque Deus cæte grandia, et omnem animam viventem atque motabilem, quam produxerant aquæ in species suas, et omne volatile secundum genus suum. Et vidit Deus quod esset bonum. Benedixitque eis, dicens: Crescite et multiplicamini, et replete aquas maris: avesque multiplicentur super terram. Et factum est vespere et mane dies quintus.* Gen., I. 20-23.

(2) *Dixit quoque Deus: Producat terra animam viventem in genere suo; jumenta, et reptilia, et bestias terræ secundum specias suas. Factumque est ita. Et fecit Deus bestias terræ juxta species suas, et jumenta et omne reptile terræ in genere suo. Et vidit Deus quod esset bonum. Et ait: Faciamus hominem ad imaginem et similitudinem nostram: et præsit piscibus maris, et volatilibus cœli, et bestiis universæque terræ omnique reptili quod movetur in terra, etc..* Gen., I. 24-26.

un' immensa quantità di gas idrogeno dapprima commisto all' ossigeno dell' aria.... Ma tutte queste ipotesi o sono puramente gratuite, o affatto assurde. Difatti, secondo le leggi della meteorologia, non si saprebbe concepire la formazione di pioggie sì abbondanti: la densità media della terra, maggiore di quella della sua corteccia, si oppone all'esistenza di cavità sotterranee, dalle quali abbiano potuto uscire le acque a inondare la terra, per ritornarvi poi dopo, a fin di lasciare asciutti i continenti, i dati della Fisica e dell'Astronomia non forniscono alcuna prova che il diluvio debba la sua origine a venti straordinarii od all'attrazione d'un corpo celeste, od al cangiamento d'inclinazione dell'asse della terra; e l'ipotesi dell'accensione del miscuglio d'idrogeno ed ossigeno è sì strana che non merita nemmeno confutazione.

Non si può dire altrettanto dell'opinione dei geologi, che trovano nel diluvio una conseguenza delle gigantesche dislocazioni che diedero origine alle Ande d'America.

Fra le catene montuose d'Europa noi troviamo pochi tronchi che abbiano i caratteri di una origine assai recente, quali sono, per esempio, gli strati sollevati e contenenti avanzi dell'industria umana; ma questi caratteri di origine recentissima s'incontrano nella quasi totalità delle lunghissime ed altissime catene delle Ande e dell'Asia centrale. Se ora consideriamo che nel terremoto del Chilì, nel 1838, pel quale il suolo non soffrì che alcuni parziali sollevamenti di qualche metro, la scossa si fe' sentire nell'Oceano sin alla distanza di seimila chilometri, alle isole dell' Oceania, e che nei terremoti del Perù le acque irruppero sulle spiagge, distruggendovi le città e smovendovi grandi quantità di sabbie e ciottoli, non sembra improbabile che il contemporaneo sollevamento della maggior parte delle Ande e delle catene dell'Asia centrale sia stato accompagnato da tali movimenti della corteccia del globo da spingere le acque dei mari ad inondare tutti i continenti, producendovi considerevoli trasporti di sedimenti e dando la morte a tutti gli animali terrestri.

La semplicità di questa spiegazione; le tracce di grandi movimenti nella parte più recente del terreno di trasporto; la possibilita che il calore emesso dalle rocce ignee emerse in quel cataclisma abbia fatto evaporare molt'acqua, la quale poi siasi condensata di nuovo a produrre abbondantissime piogge; e finalmente la stessa espressione di Mosè: *rupti sunt omnes fontes abyssi magnæ* (1), che sembra alludere allo sconvolgimento delle grandi acque raccolte negli abissi dei mari,

(1) Gen., VII, 11.

ci rendono accettabile quell'opinione. Che se i geologi, nello interpretare il racconto mosaico della creazione col mezzo della fusione ignea primitiva e di tutte le sue conseguenze sino al cataclisma che produsse il diluvio, ammettono l'azione di cause naturali, ciò non impedisce a loro di credere che la volontà divina, e non il caso, le abbia messe in azione in quelle epoche determinate.

I fatti osservati dai geologi, giova ripeterlo ancora, e le deduzioni teoriche che se ne traggono concordano pienamente col racconto mosaico della creazione, e spiegano chiaramente e completamente il diluvio universale. Ci è forza quindi conchiudere, che se la Bibbia avesse bisogno di prove, ne troverebbe una assai valida nella Geologia, e, reciprocamente, la verità della Geologia è provata dalla Bibbia; e finalmente che, se l'ignoranza, come osservava già Bacone, fa l'uomo incredulo, il progresso delle scienze tende continuamente a renderlo più religioso (1).

## VII.

## STORIA DELLA GEOLOGIA.

**197.** Quando si voglia confondere la geologia colla cosmogonia se ne potrebbe incominciare la storia dai primi tempi del genere umano, giacchè sin negli antichissimi libri indiani, chinesi ed egiziani troviamo tracce di teorie cosmogoniche, più o meno simili tra loro, fondate sopra pochissimi fatti male osservati, e costrutte quasi per intero dall'imaginazione dei poeti o sulle tradizioni popolari, e che tutte ammettono una successione di epoche, le une di riposo, le altre di cataclismi, sia acquei, sia ignei, pei quali la superficie terrestre cangiò più volte di aspetto e di natura. Modellati su quelle teorie, o piuttosto su quelle ipotesi, sono in generale i sistemi dei filosofi greci e latini, quantunque quasi tutti abbiano considerato i fossili come testimonianze dell'antico soggiorno del mare sui continenti, alcuni tra essi, come Pitagora, abbiano saputo tener calcolo delle cause che attualmente modificano la superficie terrestre, ed altri, come il

(1). Sul *Diluvio biblico*, sull'epoca della comparsa dell'uomo sulla terra, e sulla recente estinzione di varie specie di animali si vedano due interessantissimi scritti del professore Filippo De Filippi, inseriti nel *Nuovo Cimento* e nella *Rivista Contemporanea.*

geografo Strabone, abbiano ben osservato che i fiumi coi loro sedimenti tendono ad asciugare i laghi ed i mari, e che i vulcani sono quasi da considerarsi come valvole di sicurezza, atte a dare uno sfogo ai fuochi sotterranei, i quali altrimenti produrebbero i terremoti.

Allorchè, dopo la decadenza dell'impero romano, le scienze divennero per qualche tempo retaggio degli Arabi, anche alcuni fatti che in oggi spettano alla geologia furono osservati e diedero origine a novelle ipotesi. Così, per esempio, nel decimo secolo, Avicenna ammise due cause produttrici delle montagne, i terremoti violenti e le corrosioni e denudazioni per opera delle correnti acquee; ed Omar dovè esulare dal suo paese nativo perchè, avendo sostenuto che una volta i mari avevano ricoperto le terre e si erano in appresso ritirati, aveva emesso un'opinione troppo diversa da quella del Corano.

Segue poscia un lungo periodo, nel quale la storia della geologia non presenta osservazioni o teorie di qualche importanza, sinchè al principio del secolo decimosesto cominciarono gl'Italiani a dare novello impulso a tal genere di studii. Leonardo da Vinci, celebre per la sua eccellenza in ogni parte delle scienze fisiche e nelle belle arti, fu il primo che in Italia abbia osato combattere la credenza volgare che le petrificazioni non siano avanzi d'animali antichi, ma giuochi della natura, oppure scherzi prodotti dall'influenza de' corpi celesti o da una particolare forza plastica della natura o da una materia grassa fermentata pel calore: la quale credenza era sostenuta da molti, d'altronde distinti naturalisti, come Mattioli, Agricola, Faloppio, Mercati, ecc., valendosi delle sottili argomentazioni che in quel tempo erano divenute di moda insieme colle dispute scolastiche. E vi fu persino chi imaginò che i germi degli animali e delle piante, sparsi sulla terra e nell'aria, siano stati dispersi dalle acque del diluvio su tutti i continenti, si siano sprofondati sino a due o tre mila piedi nel seno della terra, e cola si sieno sviluppati, abbiano vissuto e lasciato morendo le loro spoglie.

A Leonardo tennero dietro, quali difensori della dell'origine animale delle petrificazioni: Fracastoro, che le studiò nel Monte Bolca e sostenne che non devono la loro posizione attuale alle acque del diluvio narrato dalla Bibbia; Cardano, che difese l'esistenza del mare sulle montagne; Majoli, che, sotto l'influenza della recente emersione del Monte Nuovo, credette che le conchiglie e i pesci pietrificati fossero stati vomitati insieme col fango da antichissimi vulcani; e Fabio Colonna, che distinse i varii generi di fossilizzazione, ma ammise che i fossili avessero tutti principio dall'epoca del diluvio biblico. Ed è in questi stessi tempi (nella seconda metà del XVI secolo)

che in Francia fe' gran rumore Palissy, sostenendo che le conchiglie fossili altro non sono che gli avanzi di antichissimi animali marini (1).

Succedette poi una lunga serie d'anni, nella quale vi furono continue dispute tra i naturalisti, specialmente divisi in due schiere, gli uni ammettendo che i fossili fossero animali trasportati sui monti dalle acque del diluvio di Noè, e sostenendo gli altri che il loro seppellimento risalisse da un'epoca assai più antica; mentre alcuni pochi continuavano ancora a credere che i fossili non fossero d'origine animale. Ma fra i tanti che si occuparono di queste cose, nell'uno o nell'altro senso, si distinsero parecchi, sia per la novità delle loro teorie, sia per le loro pratiche osservazioni. Infatti, nel secolo decimosettimo, il danese Stenone, durante la sua lunga dimora in Italia, ebbe campo di confrontare i fossili cogli animali viventi, di distinguere i sedimenti marini dai fluviatili, di studiare la loro distribuzione in Toscana, e fu d'opinione che gli strati fossero in origine orizzontali, e che posteriormente venissero raddrizzati da vapori sotterranei, o si fossero invece inabissati per la rottura di estesissime cavità sotterranee. Nello stesso tempo, in Inghilterra, Burnet sosteneva che il diluvio fosse stato l'effetto d'un cangiamento di direzione nell'asse terrestre e dei climi; Woodward che il globo fosse stato in origine tutto disciolto nell'acqua e questa sia poi scomparsa precipitando negli abissi nel seno della terra; e Whiston che la terra fosse dapprima una cometa, ed oggidì conservasse ancora nel suo centro un nucleo fuso. Ed in Germania Leibnitz ammetteva, nel suo libro intitolato *Protogœa*, che la terra fosse stata in origine incandescente, che si fosse raffreddata a poco a poco, che nelle caverne sotterranee fossero scomparse le acque che eransi radunate sulla superficie e vi avevano depositate molte

(1) Uno dei più ardenti difensori della falsa opinione che i fossili non fossero gli avanzi di antichi animali fu il dottor Beringer, professore a Wurtzbourg. Per provare la sua credulità, i suoi discepoli fecero fabbricare una quantità di false petrificazioni rappresentanti lune, stelle, soli, ragnatele ed altri oggetti, la cui presenza nel seno della terra sarebbe stata impossibile a spiegarsi colle leggi della fossilizzazione, e dopo averle nascoste sotterra, ad insaputa del maestro, fecero in modo che egli stesso avesse a ritrovarle poco dopo. Il dottore le credette vere petrificazioni con tanta buona fede, che pubblicò un libro in cui quelle *pietre figurate* sono rappresentate da incisioni molto accurate e si considerano come altrettante prove che i fossili sono giuochi della natura. Quando più tardi venne a sapere l'inganno, non risparmiò alcuna cosa per ritirare tutti gli esemplari del suo libro, ma non potè giungere nè a distruggerli tutti, nè ad impedire che la sua opinione sull'origine dei fossili divenisse del tutto ridicola e fosse quindi poco per volta abbandonata.

rocce sedimentarie e fossilifere, e che tali sconvolgimenti si fossero ripetuti più volte di seguito sino all'attuale epoca d'equilibrio. Finalmente l'inglese Hooke trovava verso la stessa epoca che i fossili provengono da animali diversi dai viventi ed analoghi a quelli che ora vivono nei paesi più caldi; suppose un cangiamento di posizione nell'asse terrestre per ispiegare la mutazione di clima indicata dai fossili; e sotto l'influenza dei terremoti avvenuti ai suoi tempi nelle Indie, nel Chilì, ecc., cercò di spiegare, col mezzo di fenomeni della stessa natura e molto potenti, il trasporto dei fossili sui monti.

Se ora ritorniamo all'Italia nostra, vi troviamo molti naturalisti, i quali, dice Lyell, dopo aver preceduti quelli degli altri paesi nelle loro ricerche sulla storia antica della terra, conservavano ancora sovr'essi, al principio del secolo decimottavo, una preminenza assai distinta.

Vallisnieri studiava i depositi marini d'Italia e la loro distribuzione geografica, l'ordine delle stratificazioni e le dislocazioni degli strati; dimostrava la teoria oggidì adottata dell'origine delle sorgenti; distingueva le rocce con fossili da quelle che non ne contengono e che si formarono quindi prima che la terra fosse abitata da animali; e combattendo quelli d'opposta opinione, sosteneva che non devonsi confondere col diluvio della Bibbia i cataclismi che smossero gli strati sedimentarii.

Le osservazioni che andavano facendo Marsigli nel Parmigiano, Spada nel Veronese, Schiavo in Sicilia, Baldassari in Toscana, servirono a far conoscere le azioni produttive e distruttive dell'acqua, e provarono che i fossili non trovansi confusamente accumulati, ma disposti con molta regolarità nelle rocce sedimentarie; e quelle di Vitaliano Donati sul fondo del mare giovarono alla scoperta dell'analogia che v'ha fra la distribuzione dei fossili nei sedimenti antichi e quella degli animali viventi nei mari attuali.

Soldani riconobbe che come v'hanno nel mare specie pelagiche e litorane, ve n'hanno pure tra i fossili in seno alle pietre, e pel primo notò le alternanze dei sedimenti marini e d'acqua dolce del bacino di Parigi. Tutti poi i concologi italiani di quel tempo riconobbero l'analogia tra i fossili della loro patria e molte specie che ora vivono e prosperano nei mari equatoriali.

Boccone, Targioni-Tozzetti, Allioni, Odoardi, Scilla ed altri, non solo fecero raccolta di conchiglie fossili, ma li descrissero e aprirono per ciò il campo alla Concologia fossile comparata.

Molte raccolte di pesci fossili del Bolca si formarono per cura di principi, di Accademie, di Università ed anche di semplici privati,

come fu quella del commendatore Gazola, comperata poi da Napoleone pel Museo di Parigi. E Maffei, Fortis, Testa, Serafino Volta, e lo stesso Gazola si occuparono a descriverle e illustrarle.

Donati e Fortis fecero conoscere le brecce ossifere della Dalmazia, lo Spallanzani quelle dell'isola di Cerigo, e Gregorio Piccoli gli ossami delle caverne veronesi. Di zanne e di ossami d'elefanti e d'ippopotami fossili della val d'Arno, della valle del Tevere, del Serbaro, ecc. si fecero ricchissime raccolte, quali sono quelle di Firenze e di Pisa; il Cortesi raccolse molti avanzi di delfini e balene delle colline del Piacentino; e finalmente meritano di essere annoverati gli studii del Ciampini e di Targioni-Tozzetti, che mostrarono come si debba procedere nello studio dell'osteologia fossile comparata, e provarono che gli elefanti, le cui ossa sono sparse per tutto il suolo d'Italia, non furono già condotti da Pirro o da Annibale o dai Romani, ma per secoli vagarono a torme per queste contrade come quelli d'oggidì pei selvaggi paesi dell'India e dell' Africa.

Se da questi studii paleologici, fatti in Italia nei tre secoli che precedettero il nostro, passiamo ad esaminare quanto fecero gli Italiani in quell'istesso tempo per la geologia propriamente detta, troviamo, oltre gli studii di Vallisnieri, Ramazzini e Fortis sulle origini delle sorgenti, quelli de'Lincei e dei naturalisti aggregati all'istituto di Bologna intorno alla Salsa di Sassuolo, ai fonti di petrolio di Montezibio e ai fuochi di Barigazzo, e tanti altri di litologia e di fisica vulcanica, pei quali dobbiamo persuaderci non esservi càrdine della geologia moderna, che gli Italiani non abbiano già fin d'allora dedotto dallo studio dei fatti.

La teoria della formazione delle montagne, che rese celebri i nomi di De Buch e di Elia di Beaumont, era già pienamente esposta, più che cent'anni or sono, da un modesto curato del Friuli, Lazzaro Moro, e commentata con eloquenza e dottrina da un povero frate carmelitano, Cirillo Generelli. La subitanea comparsa d'un'isola vulcanica nell'Arcipelago greco e lo studio degli strati rotti e dislocati in tutte le montagne avevano persuaso Lazzaro Moro, che la dislocazione di questi strati avvenne per opera di fenomeni analoghi ai terremoti ed a quanto è prodotto anche attualmente dalle forze vulcaniche.

Ma negli scritti dell'immortale Arduino si trovano osservazioni, idee e teorie ancora più vaste e particolareggiate. Da lui fu chiaramente posta la distinzione delle rocce in due classi, delle stratificate e di quelle che non lo sono. Egli pel primo ha nettamente considerato come rocce che si sono trovate un tempo allo stato di flui-

dità ignea i graniti, i porfidi e le ofioliti delle Alpi, le trachiti euganee, i basalti colonnari del Veronese e del Vicentino; le ha chiamate rocce vitrescenti o d'indole vetrosa; ha dimostrato che esse non sono primitive, come le voleva Werner, ma posteriori alle rocce stratificate; ed ha saputo trovare le tracce palesi degli « innumerabili sollevamenti, abissamenti, squarciature, avvallamenti, e rovine operate dalle ejezioni vulcaniche » nelle masse preesistenti. Già nei suoi scritti si trovano accennati i rapporti fra il calore centrale e i depositi metalliferi, ove dice chiaramente che la sede comune di siffatti depositi era al confine tra le rocce piriche e le stratificate, e che i metalli sono altrettante sublimazioni, che hanno accompagnato lo sbocco dei porfidi, dei graniti e delle altre rocce di fusione.

E finalmente, mentre Valisnieri dava uno schizzo generale dei terreni stratificati del suolo italiano, Fabroni, Fossombroni, Targioni-Tozzetti, Passeri, Zannoni ed altri si davano ad osservazioni di geologia positiva nelle varie parti d'Italia, il Ceronelli dava il primo esempio di carte geologiche, e l'Odoardi sin dal 1784 metteva in evidenza la discordanza di stratificazione fra i sedimenti di età differente, l'Arduino scopriva molti anni prima di De Buch l'influenza trasformatrice delle rocce piriche sopra le stratificate. Nè si limitava a scoprirla, ma la dimostrava col più rigoroso metodo di osservazione, esaminando la trasformazione del calcare in dolomia, e seguendo coll'analisi la diversa natura chimica degli strati calcarei secondo la distanza della roccia ignea e rendendo così affatto evidente la natura e la causa. E finalmente divideva i terreni stratificati fossiliferi in primarii, secondarii e terziarii, e presentiva l'importanza dei fossili per la distinzione dei terreni, dicendo chiaramente in proposito delle Alpi che « tante sono le etadi scorse durante l'innalzamento delle Api quanto diverse sono le schiatte de'corpi organici che dentro gli strati vi annidano. »

Nata per tal modo in Italia, la geologia vi si sarebbe sviluppata maggiormente e perfezionata, e sarebbe qnindi rimasta una scienza tutta italiana, se maggior copia di miniere, maggiori comodità di ricerche, di viaggi e di studii, ed altre circostanze più favorevoli al suo completo sviluppo non l'avessero, per così dire, trapiantata in altri paesi, dove un gran numero di valenti naturalisti, e specialmente Werner, Saussure, Pallas, Buffon, Dolomieu, Deluc, Hutton, Playfair, Smith, Cuvier, D'Aubuisson, Brochant, Prévost, De Buch, Buckland, Elia di Beaumont, e tanti altri sommi ingegni le procurarono in breve quel carattere di una vera scienza che ormai non è più possibile negarle. Da ciò vennero molti nomi tedeschi, inglesi

e francesi, che furono poi adottati da tutti i geologi per indicare particolari specie di rocce o di terreni, certe speciali disposizioni di rocce, ecc.

Nè in Italia si cessò per questo da ogni studio geologico; che anzi si moltiplicarono le osservazioni e le discussioni, non soltanto per meglio conoscere il paese, ma benanche per trovare nei fatti la decisione delle dispute sorte al di là delle Alpi fra i geologi *vulcanisti*, che ammettevano ad un tempo la formazione dei sedimenti per opera dell'acqua e l'origine ignea delle rocce non stratificate, e i *nettunisti*, seguaci di Werner, pei quali tutte le rocce erano state prodotte dalle acque.

Nel suo primo libro cosmogonico, cioè nella *Teoria della Terra,* Buffon mostrò chiaramente di che cosa deve occuparsi la geologia positiva, distinguendo la parte centrale della terra dalla sua superficie, ed occupandosi soltanto della formazione di quest' ultima; e sostenne che colle sole cause attuali, cioè col mezzo delle azioni distruttive e riproduttive dell' acqua e dei fenomeni vulcanici e dei terremoti, si può spiegare lo stato attuale della superficie terrestre. A questa prima pubblicazione di Buffon tennero dietro quelle di Pallas, in cui questo dotto osservatore espose le sue opinioni sulla storia della terra. Egli trovò di dover distinguere dalle rocce sedimentarie il granito, che non è mai stratificato, e tra le varie rocce sedimentarie quelle che sono più antiche, o le secondarie, da quelle che sono più recenti, cioè le terziarie: passando poi dai fatti alla teoria, ammise come introvabile l'origine e la storia antica del granito e delle altre rocce primitive, fece derivare da queste tutte le rocce sedimentarie, ed il cangiamento di posto dell' oceano e le dislocazioni degli strati da fenomeni analoghi ai vulcanici ed ai terremoti. Durante la trentina d' anni che furono occupati dalle pubblicazioni di Pallas, non rimase quieto il genio di Buffon, ma continuò sempre nella sua prodigiosa attività; e dopo avere più volte rimproverato ad altri i voli della imaginazione introdotti nelle teorie cosmogoniche, diede alla luce le sue *Epoche della natura*, le quali altro non sono che un magnifico romanzo sulla storia del nostro pianeta. È in quest'opera che viene considerata la terra come un frammento del sole staccato dall'urto d'una cometa, e le valli si ritengono tutte prodotte dall'erosione dell'acqua, con tutto il resto delle più strane opinioni, che, essendo presentate con tutto il magistero dell' eloquenza, regnarono a lungo nelle menti, sinchè i progressi della scienza positiva vennero a dimostrarne tutta l'assurdità (1).

(1) Stando a questa seconda teoria di Buffon, nelle prime due epoche il globo, come tutti gli altri pianeti, ebbe origine da una porzione della materia incandescente

Werner, nominato nel 1775 professore di mineralogia alla scuola delle miniere di Freyberg in Sassonia, non si limitò a trattare nelle sue lezioni tutti gli argomenti della mineralogia, sì pura che applicata, ed a fondare la scuola che distingue i minerali specialmente pei caratteri esterni, ma volle entrare anche nel campo della geologia, e di tanto se n' occupò e con tale eloquenza espose le proprie opinioni che, quantunque inesatte e mal fondate, durarono a lungo nelle menti dei geologi, e furono d'inciampo al rapido progresso della scienza, sebbene le dessero un potente impulso col renderla popolare. Difatti Werner, essendo nato nel centro della germania e non avendo mai viaggiato fuori del proprio paese, non potè conoscere tutta l'importanza dei fenomeni vulcanici e dei terremoti, e fondò quindi tutta la sua teoria sulle azioni dell' acqua. Egli lasciò pochissimi scritti, ma le sue dottrine, raccolte e pubblicate da' suoi discepoli, contengono molte idee giuste sulla sovrapposizione degli strati e sulla loro età relativa. Se non che egli andava errato nel ritenere i filoni di basalte della Sassonia, il granito e le altre rocce senza fossili come appartenenti al suolo primitivo e non come rocce emersorie, e nel considerare quindi tutte le rocce o come primitive o come depositate dalle acque.

A vincere l'ostinazione dei seguaci di Werner non valsero le osservazioni di Desmarest, Dolomieu e Montlosier, che trovarono tutta l'analogia fra le rocce basaltiche e quelle veramente vulcaniche. Ed anche la scoperta dei filoni di granito contenuti nelle rocce sedimentarie da esso alterate, che nel 1785 dimostrò all' inglese Hutton l'origine ignea del granito, e sulla quale questo dotto fondò la sua teoria de'successivi cataclismi, analoga a quella di Hooke e Lazzaro Moro, non valse a convincere i verneriani dei loro errori.

Mentre siffatte controversie fra nettunisti e vulcanisti, cioè fra i seguaci di Werner e quelli di Hutton, agitavano il mondo scientifico, Voltaire, per mire antireligiose, metteva in derisione lo studio dei fossili, negava in alcuni scritti la loro natura organica, ed in altri sosteneva essere stati recati dai pellegrini reduci da Terra Santa,

del sole, staccata dall'urto di una cometa; nella terza si raffreddò al punto da depositarsi dall'atmosfera l'acqua, che produsse alla superficie delle rocce piriche i primi sedimenti; nella quarta cominciarono ad agire i vulcani, che produssero molte alterazioni sulla superficie del globo, e vissero i primi animali e le prime piante; nella quinta gli animali divennero analoghi ai viventi e molti emigrarono dalle regioni fredde verso l'equatore in conseguenza della nuova distribuzione dei climi, ecc.; nella sesta si separarono i continenti (per esempio l'Europa dall'Africa per la formazione dello stretto di Gibilterra); e finalmente nella settima ed ultima epoca apparve l'uomo.

od essere gli avanzi dei banchetti degli antichi romani, e mostrava in tal modo ora la sua ignoranza in fatto di scienza ed ora la sua poca sincerità; e l'inglese Guglielmo Smith, sulla fine del secolo decimottavo, esplorava minutamente il suolo della sua patria ed arrivava a distinguervi varie epoche di sedimenti caratterizzati da fossili speciali, costruiva una carta geologica generale dell'Inghilterra; e, come Werner aveva introdotti nuovi nomi per chiamare le rocce da lui per la prima volta distinte (*grauvacke, gneiss,* ecc.), altri ne propose Smith, relativi ai sedimenti d'epoca determinata (*gault, cornbrash, oxford-clay,* ecc.), che divennero d'uso comune, e in gran parte rimangono ancora nel linguaggio dei geologi moderni.

In tal modo, al principio del secolo decimonono, la geologia acquistava per opera di Werner maggior esattezza nella denominazione delle rocce, e per quella di Arduino, Fortis, Pallas, Saussure, Werner e Smith cominciava a distinguere varie epoche nei sedimenti terrestri: le nuove teorie e le ricerche di Deluc, Delamétherie, Lamarck, Cuvier, Brongniart, Ampére, Prévost, Boué, E. de Beaumont, Buckland, ecc., la ridussero poco per volta al suo stato attuale.

Secondo Deluc, la cronologia di Mosè non comincia che colla creazione dell'uomo, ed i *giorni* della Genesi sono da intendersi come epoche indeterminate, come li aveva già interpretati Buffon. Nelle prime tre epoche, secondo la sua teoria, la terra era una massa informe e confusa, resa liquida dall'acqua; da questa si produssero le rocce sedimentarie, e poi le acque scomparvero in parte, precipitando entro cavità sotterranee; nelle tre epoche successive si fecero altri sedimenti, cominciarono i fenomeni vulcanici, altre caverne si ruppero, e si formarono nuovi continenti e nuove dislocazioni di rocce, sinchè la superficie della terra si ridusse al suo stato attuale. Il diluvio sarebbe stato prodotto dallo sprofondarsi dei continenti abitati sotto le acque dell'oceano.

Più filosoficamente di Deluc, Lamétherie cercò nelle sole cause attuali la storia della terra, notò i limiti ristretti e locali dei sedimenti, la produzione di depositi alternanti d'acque dolci e marine alle bocche dei fiumi, il sincronismo delle azioni vulcaniche e di quelle dell'acqua, ed ammise una sola creazione di tutti gli esseri viventi, non già varie creazioni successive, come Deluc e molti geologi che gli tennero dietro; mentre Lamarck confrontava le conchiglie fossili colle viventi e trovava modo di distinguere esattamente i depositi marini da quelli d'acqua dolce.

Appoggiandosi ai proprii studii dei fossili e dell'anatomia compa-

rata, dai quali ebbe origine specialmente la sua fama, Giorgio Cuvier rimarcò l'alternare di depositi marini con altri d'acqua dolce nei dintorni di Parigi, e fondò su questo la sua teoria de' successivi cangiamenti di posto avvennuti nei mari; ed a completare quella teoria di successivi cataclismi, dedusse dalla distribuzione dei fossili nei terreni di Parigi l'ipotesi della distruzione delle faune di ogni terreno e delle successive creazioni di faune novelle. Nè in tutti i suoi scritti conservò sempre le stesse opinioni; che anzi in tutti si mostrò ecclettico, senza alcun principio invariabile, sì che sembra credere ora alle successive creazioni ed ora alla trasformazione delle specie per effetto delle circostanze esterne: in un luogo rifiuta le lunghe epoche della Genesi ed in un altro le accetta, ed in generale sembra ammettere che l'ultimo dei cataclismi suaccennati abbia prodotto il diluvio universale.

Adolfo Brongniart accettò da Cuvier le faune successive, e dai proprii studii sulle piante fossili credè poter dedurre che il regno vegetale, come l'animale, sia andato sempre più perfezionandosi dal principio del mondo sino ad ora, durante tutte le epoche distinte per mezzo dei cataclismi indicati da Cuvier.

Lo stato primitivo aeriforme della terra venne sostenuto specialmente da Ampère, dopo la scoperta delle stelle nebulose, accettando dalle teorie precedenti le epoche indeterminate invece dei giorni della Genesi, le creazioni successive degli esseri organizzati, la distribuzione regolare dei fossili sempre più perfetti quanto più recenti sono gli strati che li contengono, la formazione delle montagne per le rotture della crosta solida, ecc.

La teoria di Buffon, secondo la quale le sole cause che sono in azione anche nell'epoca attuale basterebbero a spiegare la storia del globo, era ormai dimenticata, o almeno nessuno si azzardava a sostenerla davanti al trionfo di quella di Cuvier e de'suoi seguaci, quando sorse a suo difensore Costanzo Prévost, sostenendo che Cuvier aveva errato allorchè volle trovare nei fatti che si osservano nel bacino di Parigi le tracce di molti generali cataclismi e di molte successive creazioni, e che tutto invece vi concorre a provare la teoria delle cause attuali. Egli sostenne che in ciascun'epoca geologica si sono formate rocce sedimentarie marine, rocce sedimentarie d'acqua dolce, rocce vulcaniche e rocce plutoniche, e spiegò molte differenze tra i fossili dei diversi terreni col mezzo di migrazioni per cangiamenti di clima e di altre circostanze.

Elia di Beaumont finalmente, partendo dalla teoria dei successivi cataclismi, trovò tutti i rapporti fra le direzioni delle catene mon-

tuose e degli strati e le età relative della loro produzione o dislocazione, che, esposti con grande apparato di fatti e di calcoli, furono adottati dalla maggior parte dei geologi quali li ho esposti in una parte del presente trattatello.

Non meritando nemmeno dessere discusse le idee di Buckland e d' altri, che sostengono il racconto di Mosè non riferirsi che al mondo attuale, costruito colle rovine di un mondo anteriore distrutto, ci troviamo così giunti allo stato attuale della geologia.

Da tutti quelli che ho nominati finora ebbe la geologia le sue ipotesi e teorie e una grande quantità di notizie pratiche e positive; le altre notizie pratiche ebbe da Saussure, l'instancabile esploratore delle Alpi, D'Aubuisson, Brochant de Villiers, Freiesleben, Voigt, Reuss, Raumer, Charpentier seniore, Heim, Hausmann, Alberti, Leonhardt, Pusch, tutti più o meno allievi di Werner; dal prussiano Leopoldo de Buch, che fornì ad Elia di Beaumont le prime idee fondamentali delle sue teorie sui sollevamenti e sui sistemi montuosi; da Alessandro di Humboldt, che esaminò molte parti d'America e d'Asia e seguì le idee dei suoi amici De Buch e De Beaumont; dagli Inglesi Hall e Watt, che fecero interessantissime esperienze sulla fusione delle rocce e sulla produzione dei calcari saccaroidi; dal viaggiatore Darwin, e finalmente dai più recenti esploratori dei diversi paesi, Dechen, Naumann, Cotta, Strombeck, Beyrich, Schmidt, Römer, Geinitz, Reuss, Nöggerath, Steininger, Credner, Klipstein, Quenstedt, Emmerich, Waltershausen, Leonhard, Bronn, Walchner, Herz, ecc., per la Germania; Greenough, Webster, Fitton, Sedgwick, Conybeare, Phillips, Buckland, De la Bèche, Mac-Culloch, Daubeny, Poulett, Hibbert, Murchison, ecc., per l'Inghilterra; lo stesso Murchison, Keyserling e De Verneuil per la Russia; Lyell per l'Inghilterra, la Svezia, la Sicilia, l'America settentrionale ed altri paesi ancora; Dufrénoy, De Beaumont, D'Archiac, Rozet, Daubrée, Fournet, Delesse, Gras, Raulin, ecc., per la Francia; Merian, Thurmann, Gressly, Studer, Escher de la Linth, ecc. per la Svizzera; Charpentier, Agassiz, Martins, Durocher, Collomb, ecc., per i ghiacciai moderni ed antichi; Keilhau, Hisinger, Forchhammer per la Scandinavia e la Danimarca; Dana, Oven, Silliman, Hitchcock, Marcou, Humboldt, Darwin, D'Orbigny, ecc. per le due Americhe, ecc. ecc.

La nostra Italia ebbe anch' essa i suoi geologi distinti nel secolo precedente e in questo. Lo Spallanzani, celebre per le sue ricerche in ogni ramo della Storia Naturale, contribuì ai progressi della geologia colle sue osservazioni fatte nel regno delle Due Sicilie e

specialmente sui vulcani. Il Cortesi, quantunque amministrasse giustizia e pubblico diritto in Castellarquato, seppe trovar tempo di scoprire nei sedimenti del Parmigiano gli ossami de' cetacci e pachidermi, che ora si conservano nel Museo Civico di Milano. Il Breislack, dopo aver visitati i contorni di Napoli, si fe' vulcanista, scrisse due opere generali di geologia (*Introduzione alla geologia* e *Institutions géologiques*) e pubblicò una particolareggiata *Descrizione della provincia di Milano*, ed un'altra dei paesi fra il lago di Como e quello di Varese. Il padre Pino, d'opinione nettunista, instancabile esploratore delle Alpi nostre, pubblicò molte nozioni importanti sulla loro costituzione geologica, e sul modo di rendere comune l'uso della torba come combustibile. Il Brocchi, nettunista anch'esso, diede una *Descrizione delle miniere di ferro del dipartimento del Mella*, un *Catalogo ragionato delle rocce d'Italia*, assai apprezzato per esattezza nelle citazioni delle località, e nella *Conchiliologia fossile subapennina* descrisse i fossili del terreno pliocenico italiano ed i terreni degli Apennini. L'Amoretti, ne'suoi viaggi nelle Alpi lombarde, ne descrisse con qualche dettaglio le rocce, e cercò anch'egli di rivolgere l'attenzione del pubblico alle torbiere, atte a supplire alla mancanza di carbon fossile. Nè passeremo sotto silenzio il Vandelli, le cui minuziose descrizioni dei viaggi fatti nell'alta Lombardia, ricchissime di notizie interessanti, giacciono ancora manoscritte e inedite nell'Università di Pavia (1); il Da Rio ed il Corniani, che studiarono specialmente il Veneto; il conte Marzari-Pencati, che studiò i monti del Veneto e del Tirolo, si distinse per esattezza e finezza di osservazione, e fu il primo che fra noi abbia constatato che il granito trovasi spesso sopra le rocce sedimentarie, e quindi è ad esse posteriore; e finalmente il dottor Claro Malacarne, che fu compagno dell'illustre De Buch nelle sue escursioni nelle Alpi lombarde, e non volle mai abbandonare totalmente la teoria nettunistica per abbracciar quella più generalmente ammessa dai geologi moderni.

Quantunque la geologia, quale la si considera oggidì, sia nata soltanto al principio del nostro secolo, pure essa conta già un numero sì grande di cultori in tutte le parti della terra che, per non dilungarci di troppo, dobbiamo limitarci a citare quelli tra i più eminenti del nostro paese, di cui conosciamo qualche lavoro importante, e sono: Maraschini, Catullo, Pasini, Massalongo,.... nel Veneto; Curioni, Balsamo, Cornalia, Villa, Stoppani,.... in Lombardia; Sismonda, Pareto, Collegno, La Marmora,...... in Piemonte; Targioni, Savi, Pilla, Meneghini,...... in Toscana; Bianconi, Toschi, Spada, Orsi-

(1) Ne possiede una copia l'Istituto Lombardo di scienze, lettere ed arti in Milano.

ni,...... negli Stati Romani; Costa, Pilla, Scacchi, Ponzi, Ferrero, Maravigna, Gemellaro,...... nel regno delle Due Sicilie. Per opera di questi dotti la geologia italiana cominciò a fare rapidi progressi, e continua tuttora favorita specialmente dalle reciproche relazioni procurate dai congressi scientifici; e forse ancor più celeremente progredirà quando le circostanze politiche permetteranno agli Italiani di occuparsi maggiormente delle scienze positive.

Tutti questi geologi ora viventi, stranieri e italiani, trovansi divisi in due campi, come ai tempi di Werner, ma molto meno accaniti e meno distanti nelle loro opinioni. Gli uni, che si chiamano della scuola delle *cause attuali,* dicono che in tutte le epoche geologiche non avvennero mai fenomeni diversi dagli attuali; che i terremoti non produssero mai effetti molto più considerevoli di quelli avvenuti nelle epoche storiche; che le montagne, le valli, i bacini dei mari e i continenti, le denudazioni, il trasporto dei sedimenti, tutto avvenne come adesso, per movimenti lentissimi e simili a quelli della penisola scandinava, e per correnti marine analoghe alle attuali; e che le specie animali e vegetali andarono mutandosi a poco a poco, così che tutta la storia della terra forma un solo periodo, e non si può dividere se non artificialmente in epoche, nello stesso modo che si divide artificialmente in secoli ed anni il continuo scorrere del tempo. Lyell, altri inglesi, alcuni tedeschi e alcuni italiani sono di questa scuola. L'altra, che ha per capi De Buch, De Beaumont e D'Orbigny, ma specialmente quest'ultimo, con tutte le sue divisioni e suddivisioni delle rocce sedimentarie, ammettono una serie di cataclismi, di rivoluzioni, nelle quali avvennero dislocazioni subitanee di strati, sollevamenti di catene montuose, morte a tutti gli animali e vegetali viventi in quei tempi, innondazioni spaventose, rapidi trasporti di immense masse di detriti e di sedimenti, e poi altrettante epoche di calma, nelle quali si deposero regolari sedimenti e comparvero altrettanti gruppi di animali e di piante ad abitare i deserti mari e i continenti. Questa scuola conta molti seguaci in Francia, in Germania e in Italia. Forse la vittoria non sarà nè dell'una nè dell'altra scuola, ma succederà come per i vulcanisti e i nettunisti, si finirà col prendere una via di mezzo, togliendo alle due scuole ciò che hanno di buono, ed abbandonando alla storia le loro esagerazioni.

Lo studio dei fossili, ossia la paleontologia, che ora è quasi una scienza distinta dalla geologia, conta dopo Cuvier molti nomi distinti, Lamarck, Defrance, Deshayes, Lyell, Bronn, Bellardi, Michelotti, Brocchi, Michelin, Voltz, Eichwald, Pusch, Römer, Phillips,

Geinitz, Quenstedt, Klipstein, Fitton, Morton, Hisinger, Sandberger, Barrande, per gli animali in generale; Lindley, Adolfo Bronguiart, Göppert, Unger, Geinitz, ecc., per le piante fossili; Ehrenberg, D'Orbigny, Michelin, Milne Edwards, Barrande, Goldfuss, De Buch, ecc., per gli animali invertebrati; Meyer, Kaup, Jäger, Blainville, Owen, Falconer, Gervais, Lartet, ecc., per i mammiferi e i rettili; Agassitz per i pesci; e tutti i suoi dati sono riepilogati nei libri di Pictet, Bronn, Giebel e D'Orbigny.

Chiuderò col raccomandare a quelli che desiderassero conoscere più a fondo tutto quanto è contenuto nel precedente trattatello, in questo, che ora ho finito, e nei seguenti, le opere di D'Aubuisson (*Traité de géognosie*), di Lyell (*Principes de géologie* e *Manuel de géologie*), di Vogt (*Lehrbuch der geologie und der Petrefacten-Kunde*), di De la Bêche (*Manuel géologique, L'art d'observer en géologie, Coupes et vues pour servir à l'explication des phénoménes géologiques, Recherches sur la partie théorique de la géologie*), di Collegno (*Elementi di geologia pratica e teorica* ed *Esquisse d'une carte géologique de l'Italie*), di Pilla (*Trattato di geologia, Saggio comparativo sui terreni d'Italia, Studii di geologia*), di Leonhard (*Geologie oder Naturgeschichte der Erde* e varie altre opere recenti), di Beudant (*Cours élémentaire de géologie*), di D'Orbigny (*Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques*), di Boué (*Manuel du géologue voyageur*), di E. de Beaumont (*Leçons de géologie pratique*), di Charpentier ed Agassiz (*Essai sur les glaciers, Le systéme glaciaire*), ecc., ecc., per la Geologia; quelle di Bronn, Goldfuss, Klipstein, Brocchi, Buckland, Agassiz, Pictet, D'Orbigny, ecc., per la Paleontologia; ed infine i giornali scientifici d'Italia e fuori, e specialmente quello della società geologica di Francia, gli atti della società geologica residente in Milano (ora società di scienze naturali), gli atti dei congressi scientifici italiani e le altre raccolte scientifiche in cui si trovano sparsi varii articoli speciali che trattano argomenti di geologia o di paleontologia (1).

Dottor Giovanni Omboni.

(1) Era mia intenzione chiudere questo trattatello con una breve esposizione delle principali applicazioni della geologia all'agricoltura (origine del terreno coltivabile, emendamento e prosciugamento dei terreni), alla scienza dell'ingegnere (costruzione delle strade e dei canali, ricerca ed estrazione dei materiali da costruzione, scavo dei pozzi ordinarii, artesiani e assorbenti), ed alla ricerca ed estrazione dei minerali utili ossia all'arte delle miniere; ma lo stesso trattatello mi divenne a poco a poco molto più voluminoso di quello che me l'aspettassi, ed ora non mi rimane più spazio per le applicazioni. Chi ne vuol sapere qualche cosa, veda i miei *Elementi di Storia naturale, Geologia* (Milano, Turati, 1854), e chi ne desidera più complete nozioni consulti la *Géologie appliquée* di Burat, il *Traité théorique et pratique de l'art des sondages* di Degousée, e le altre opere analoghe pubblicate in Germania e Inghilterra.

# NOTA

## SULLE PRIME EPOCHE DELLA TERRA.

Ho esposto in questo trattatello con qualche estensione la storia dei primi tempi della terra seguendo la ipotesi di Laplace sul primitivo stato del nostro sistema solare. Questa non è la sola ipotesi messa in campo; altre ve ne sono, più o meno degne di considerazione. Mi basterà esporne brevemente una, mettendola in confronto con quella di Laplace, per meglio mostrarne le analogie e le differenze. Essa è tolta dal libro intitolato: *La Cosmogonie et la Géologie, basée sur les faits physiques, astronomiques et géologiques, qui ont été constatés ou admis par les savants du dix-neuvième siècle, et leur comparaison avec la formation des cieux et de la terre selon la Genèse*, par *M. J. B. Dalmas*. Lyon, 1852.

| Laplace. | Dalmas. |
| --- | --- |
| In principio tutto il nostro sistema solare era in *istato vaporoso, per intenso calore*, e si estendeva almeno fino all'orbita del pianeta più lontano dal sole. | In principio tutto il nostro sistema solare era *una immensa nebulosa di materia inerte, i cui atomi erano isolati, liberi,* non uniti per alcuna combinazione chimica. Essendo tutti gli atomi liberi, non urtandosi nè combinandosi fra loro, non si manifestava alcun fenomeno di elettricità, di luce o di calorico, e tutta la nebulosa era quindi interamente *fredda* e immersa nelle tenebre. |
| Tutta la nebulosa era dotata di un moto di rotazione intorno ad un asse, da occidente verso oriente. | Tutto era dotato d'un moto di rotazione intorno ad un asse, da occidente verso oriente. |

Diminuendo gradatamente e continuamente la temperatura, i vapori cominciarono a condensarsi, crebbe la velocità di rotazione, il tutto prese la forma di uno sferoide assai schiacciato, e questo produsse molti anelli concentrici, dai quali ebbero origine i pianeti e i loro satelliti.

Conseguenze del moto primitivo di rotazione di tutta la nebulosa sono i moti di traslazione e di rotazione del sole e di tutti i pianeti e satelliti, da occidente ad oriente.

Per effetto dell' irradiazione del calore nello spazio circostante, le materie vaporose componenti i pianeti e i satelliti cominciarono a liquefarsi, e ciascuno di quei corpi divenne a suo tempo *un globo tutto di materia in istato di fluidità ignea,* circondato di un'atmosfera formata di varii gas e carica di vapore acqueo.

Giunta a un certo grado di raffreddamento la superficie terrestre, cominciò a condensarsi sovr'essa l'acqua allo stato liquido.

L'acqua venuta così a contatto della crosta terrestre, ancora caldissima, vi produsse delle rotture e dei movimenti, e ne ebbero origine le prime mon-

Avendo cominciato e poi continuato ad agire la attrazione universale, gli atomi cominciarono ad avvicinarsi l'uno all'altro, la nebulosa diminuì di volume, e questa diminuzione di volume produsse almeno due grandi effetti: primo, uno sviluppo di elettricità, di luce e di calore, così come sviluppa luce e calore o almeno calore qualunque corpo sufficientemente compresso; secondo, aumento di velocità di rotazione, cambiamento di forma della nebulosa, e produzione di anelli concentrici nebulosi, i quali formarono poi altrettanti pianeti coi loro satelliti.

Conseguenze del moto primitivo di rotazione di tutta la nebulosa sono i moti di rotazione e di traslazione del sole e di tutti i pianeti e satelliti.

Per effetto dell'attrazione universale, del lentissimo costiparsi della materia, e dell' irradiazione continua del calore prodotto da questa condensazione, ciascun pianeta e ciascun satellite risultò alla fine formato di *un globo di sostanze metalliche fredde o almeno non in fusione ignea e non ossidate,* circondato di un'atmosfera di varii gas non per anco fra loro combinati.

Continuando la condensazione, anche gli atomi dell'atmosfera terrestre si avvicinarono fra loro al punto da potersi combinare, e specialmente quelli dell' ossigeno e dell' idrogeno, i quali cominciarono a formar l'acqua.

L'acqua così prodotta, cominciò a bagnare d'ogni parte il globo di materie metalliche; ed essendosi queste disposte secondo la loro densità, vale a dire

tagne, i primi continenti e i primi mari; e l'acqua così calda ebbe fors' anche molta influenza nella produzione e trasformazione delle rocce in allora appena formate o in via di formazione (rocce plutoniche).

Continuò ancora il raffreddamento, e la crosta andò ancora ingrossandosi, ma anche rompendosi, dando origine a nuo-

le più pesanti nel centro e le più leggiere (ossia il potassio, il sodio, il silicio, l'alluminio, ecc.) alla superficie, l'acqua, giunta al loro contatto si scompose, quei metalli leggieri si ossidarono, si riscaldarono, si fecero incandescenti, si fusero, e si combinarono fra loro, dando origine a *silicati* di varie specie e quindi alle prime rocce cristalline (1). Una parte dell' acqua caduta fu quindi scomposta e servì alla produzione delle rocce; un'altra fu vaporizzata dal calore sviluppato dalle combinazioni chimiche avvenute, e si ridusse in nubi; ed una terza rimase liquida nelle parti più depresse della superficie del globo, ad onta della loro incandescenza, come nelle esperienze di Boutigny (2). Pel successivo raffreddamento delle parti superficiali, si formò una prima crosta esilissima, la quale però andò mano mano fratturandosi, smuovendosi e producendo così le prime montagne, i primi continenti e i primi bacini di mari.

Continuò il raffreddamento delle parti superficiali e la crosta andò ingrossandosi, ma anche rompendosi e dislocan-

(1) Se si fa cadere una minuta pioggia d'acqua sopra una massa di potassio metallico, questo si fa tutto incandescente, scompone l'acqua e s'impadronisce del suo ossigene, lasciando in libertà l'idrogene, che si accende a quell' intenso calore. Continuando l' operazione, il metallo continua ad ossidarsi alla superficie e si copre d'una crosta di potassa. In questa poi si formano molti crepacci e rialzi paragonabili alle catene montuose terrestri, in causa dell' acqua che va a scomporsi a contatto del metallo rimasto ancora inalterato sotto la crosta; e ciò continua finchè tutto il metallo è ossidato e trasformato nella sostanza terrosa che si chiama potassa. Analoghi fenomeni si osservano facendo l' esperienza cogli altri metalli che si estraggono dalla soda, dalla calce, ecc.

(2) Tutti conoscono la famosa esperienza di Boutigny, che consiste nel mettere un po' d'acqua sopra una lamina metallica rovente: l'acqua non tocca il metallo perchè fra loro si è formato uno straterello di vapore, così che l'acqua può rimaner liquida per molto tempo; si svapora però tutt'ad un tratto quando il metallo si è così raffreddato, che l'acqua cessa d'essere sostenuta dal vapore e viene a toccarlo.

ve montagne, a nuovi continenti ed a varie modificazioni nella distribuzione dei mari.

Questi fenomeni continuarono a riprodursi per tutte le epoche preadamitiche; così che la superficie terrestre si avvicinò a poco a poco al suo stato attuale, e la terra è ora formata *di una crosta solida e di un immenso nucleo di rocce ancora in istato di fusione ignea,* che noi veniamo a conoscere per mezzo delle eruzioni vulcaniche.

dosi, in conseguenza specialmente dell'acqua, che filtrò fin alle parti ancora metalliche, e vi riprodusse ancora i fenomeni già descritti. Si formò così un secondo strato di rocce fuse sotto a quello già solidificato, e le nuove rocce così formate, dilatate pel calore e aiutate dai gas prodotti da quelle operazioni chimiche, ruppero e smossero qua e là la crosta già solida, dando origine a nuove montagne e nuovi continenti, e cambiando la distribuzione dei mari.

Questi fenomeni continuarono a riprodursi per tutte le epoche preadamitiche, così che la superficie terrestre si avvicinò a poco a poco al suo stato attuale, e la terra è ora formata *di una crosta solida, di uno strato di rocce fuse sottostanti a questa crosta* (dal quale provengono le lave dei vulcani), e *di un immenso nucleo di materie metalliche e fredde,* perchè non per anco combinate coll'ossigeno.

Quale di queste due ipotesi sia da preferirsi, io non oso decidere, nè ne conosco altre migliori; ad ogni modo, in qualunque stato si sia trovata dapprima la terra, egli è sempre da ammettersi, che ad un certo tempo tutta la sua massa od almeno la sua superficie si è trovata allo stato di fusione ignea; che sopra questa superficie ha agito l'acqua fornita dall'atmosfera; che allora hanno cominciato a formarsi le prime rocce della crosta terrestre; che pel successivo raffreddamento cominciò a formarsi e poi a rompersi e dislocarsi questa crosta terrestre; che poi si formarono i primi mari e i primi continenti, e comparvero i primi viventi; che in appresso la superficie terrestre andò mano mano modificandosi, ed avvicinandosi al suo stato attuale; e che attualmente sotto la crosta solida deve esistere uno strato di rocce in istato di fusione ignea, capace di produrre tutti i fenomeni vulcanici. — Ed ecco così distinto e separato quello che è ancora romanzo da quello che è storia, nella conoscenza della terra preadamitica.

## SUL MODO DI RACCOGLIERE E STUDIARE LE ROCCE.

Credo utile aggiungere alcuni particolari sul modo di raccogliere e studiare le rocce, e tre tabelle sinottiche che possono aiutare i principianti in questo studio.

Il geologo che viaggia non ha bisogno di molti strumenti, a meno che egli non voglia darsi anche a ricerche sulle altezze dei monti, sui fenomeni meteorologici, ecc.

Per studiare gli strati e i filoni deve esser munito di una bussola, e per raccogliere le rocce non deve avere con sè che gli strumenti atti a romperle e modellarle e a portarle sino ai luoghi ove crede di metterle in una valigia o in una cassa per mandarle alla loro destinazione.

Sono necessarii almeno due martelli di acciaio ben temprato, l'uno pesante da uno a quattro chilogrammi, secondo le rocce da rompersi, ed uno più leggero per modellare i frammenti staccati e ridurli di forma regolare, cioè rettangolare. D'ordinario il martello pesante ha dalla parte opposta alla testa un tagliente parallelo all'asse del manico; quello da modellare può avere il tagliente come il grosso, o in direzione trasversale. Il piccolo martello si può tenere in una tasca; il grosso si tiene appeso ad una cintura di pelle sotto l'abito, oppure in mano, nascondendone il manico in qualche modo agli occhi dei curiosi, per esempio nella manica dell'abito.

Per raccogliere le rocce ed i fossili riescono poi utili e spesso anche necessarii due scalpelli d'acciajo, l'uno a punta, l'altro tagliente. Nei terreni mobili, nelle caverne, ecc. si fa anche uso di picche, di zappe, ecc.

Una rete, portata ad armacollo o sulle spalle, conviene spesso più che una borsa di pelle per portare le rocce, perchè quando è vuota occupa uno spazio molto minore che la borsa.

Finalmente è spesso utile in viaggio avere con sè una punta d'acciaio (di bulino per esempio) ed un cristallo di quarzo per misurare la durezza delle rocce, un boccettino di acido nitrico o d'acqua forte per riconoscere i carbonati, ed un cannello ferruminatorio per esaminare la fusibilità delle rocce.

Il geologo di gabinetto ha bisogno di altri strumenti, per meglio studiare la natura mineralogica delle rocce, strumenti che entrano quindi nel dominio della Mineralogia.

Regola generale della raccolta delle rocce è di prendere gli esemplari da quelle che sono *in posto* e non dai frammenti già staccati e di cui spesso non è nota la provenienza. — Devesi poi aver cura di procurarsi esemplari di tutte le variazioni di una stessa roccia, e tanto di quelle alterate all'aria, quanto di quelle che conservano ancora il loro stato primitivo. — Gli esemplari non devono esser troppo piccoli, non minori, per esempio, di 6 ad 8 centimetri di lunghezza e larghezza, per 3 o 4 d'altezza, giacchè altrimenti riesce difficile, od anche impossibile riconoscerne i caratteri. — Per modellare i pezzi e ridurli il più possibile rettangolari, si può tenerli nella mano sinistra, e staccarne tante piccole scheggie col piccolo martello tenuto nella destra, sino a che abbiamo acquistata la forma desiderata.

Ad ogni esemplare, così modellato sul sito, si aggiunge subito un biglietto colla indicazione del luogo dove fu raccolto, e colle altre particolarità che sono del caso, od almeno un numero progressivo che si riferisca ad una nota speciale che si fa di mano in mano nel giornale di viaggio. L'esemplare si involge poi in un pezzo di carta e si porta nella borsa o nella rete insieme cogli altri sino al luogo ove si mettono entro casse, con molta cura, collocandoli di fianco e non in piano, separandone gli strati con fieno o carta, e ponendo ogni cura che i pezzi formino un tutto ben saldo e non abbiano a smuoversi od a guastarsi l'un l'altro durante il trasporto.

Lo studio particolare e completo delle rocce si fa al ritorno del viaggio, de esso è tutto soggetto alle regole della Mineralogia, per cui non è qui il luogo di occuparcene. È però assai utile saperle determinare, almeno approssimativamente, anche durante il viaggio e mano mano che si raccolgono, sottoponendole all'azione dell'acido nitrico e vedendo così se fanno *effervescenza* con essi, se vi si disciolgono in tutto od in parte, se vi sono insolubili, ecc., cercando di scalfirle coll'unghia, con una punta d'acciaio o con un pezzetto di cristallo di rocca, e infine staccandone delle scheggie sottilissime ed esponendole all'azione della fiamma d'una candela avvivata col cannello nel modo esposto nella nota a pagina 156.

Avendo da determinare alcune rocce si può cominciare col separare quelle che hanno l'aspetto *argilloso* o *frammentario*, cioè di argilla o di frammenti liberi od agglutinati da un cemento qualunque; e poi, fra quelle che rimangono, si possono riconoscere tutte lo rocce calcaree all'*effervescenza* che fanno, qualora se ne metta un piccolo frammento ridotto in finissima polvere entro una goccia d'acido nitrico. Molte di queste rocce calcaree non hanno nemmeno bisogno d'esser ridotte in polvere per far effervescenza coll'acido nitrico. Anche il *carbonato di ferro* fa effervescenza con quest'acido, ma più o meno difficilmente, ed è sempre facile riconoscerlo col mezzo del prussiato giallo di potassa, il quale, messo in qualunque soluzione che contenga ferro, vi produce un bel colore azzurro intenso.

Tutte le altre rocce che non sono comprese nelle due categorie anzidette, cioè che non sono nè *rocce detritiche o argillose* nè *rocce calcaree*, possono essere compatte o cristalline (cioè composte di cristalli insieme aggregati senza alcun cemento), e sono:

1.° Le rocce *metalliche*, come varii minerali più abbondanti di ferro, di rame, ecc., aventi in generale la lucentezza metallica oppure la lucentezza pietrosa ma la polvere colorita, ed un peso considerevole, che fa subito sospettare la loro composizione.

2.° Le rocce *combustibili*, zolfo, carbon fossile, lignite, torba, ecc.

3.° Il *sal gemma*, che si riconosce al suo sapore salato.

4.° Il *gesso* e *l'alabastro gessoso*, di color bianco o chiaro, senza aspetto ontuoso, e che si lasciano rigare dall'unghia.

5.° Le rocce *quarzose non frammentarie*, che sono dure come il cristallo di rocca, e comprendono: la *quarzite* o *quarzfels* o *quarzo granoso*, bianca, o colorata da sostanze accidentali, compatta o cristallina come lo zuccaro in pane, durissima, infusibile

al cannello, insolubile negli acidi, ecc.; le *selci*, delle quali le più comuni sono le *pietre focaie*; il *diaspro*, che è durissimo, infusibile, insolubile, per lo più colorito in rosso o in bruno o in giallo dal ferro; la *ftanite*, che è nera e per lo più scistosa; e il *quarzo resinite*, che ha l'aspetto d'una resina.

6.° L'*anidrite* o *karstenite* o *calce solfata anidra*, dura, difficilmente fusibile in ismalto bianco al cannello, di vario colore, e che coi reattivi chimici si riconosce composto di gesso, ma senz'acqua. Non è molto comune, e tra noi non si trova che nella provincia di Bergamo a Volpino, è di color verdognolo venato, e si lavora come marmo sotto il nome di *bardiglio* o *volpinite*. Per essere insolubile negli acidi e fusibile si potrebbe confondere col felspato, ma si distingue per essere meno dura e per poter quindi essere rigata dall'acciaio, quantunque sia spesso abbastanza dura da rigare il calcare. o perchè, esposta alla fiamma interna del cannello sul carbone, si decompone e lascia una sostanza alcalina, solubile negli acidi, e in questa soluzione così ottenuta si ottiene con un ossalato un precipitato bianco, caratteristico della calce.

7.° Tutte le rocce designate sotto il nome di generico di *rocce cristalline* (e comprendono le rocce *plutoniche, vulcaniche* e *metamorfiche*).

Per determinare una data roccia possono servire le tre tabelle qui unite, ed ecco come. Si comincia col provare se la roccia è combustibile e se manda un odore caratteristico, se ha un sapore ben distinto, se ha l'aspetto metallico oppure altri caratteri che la facciano riconoscere metallifera, se ha l'aspetto frammentario, se fa effervescienza coll'acido nitrico, se ha l'aspetto e l'odore argilloso, se è rigata coll'unghia, e se è dolce e ontuosa al tatto. Se presenta alcuno di questi caratteri apparterrà ad una delle rocce indicate nella Tabella I; se no, bisogna ricorrere alla Tabella II nel caso che abbia l'aspetto omogeneo, ed alla Tabella III in quello che l'abbia eterogeneo, cioè quando appaia palesemente formata da due o più minerali distinti. Supponiamo, per esempio, che la roccia da determinarsi non abbia alcuno dei caratteri finora accennati, ed appaia omogenea, compatta, di color verde scuro, e sia piuttosto aspra che dolce al tatto: guardando la tabella II si trova che non può essere se non *dioritina* od *afanite*. Supponiamo invece che sia di aspetto eterogeneo, porfiroide (cioè con una pasta omogenea o granitica, sparsa di cristalli ben distinti), e che la pasta sia compatta e di color verde scuro: si vedrà dalla tabella III che la roccia è *prasofiro* o *porfido verde*.

## TABELLA I.

| ROCCE | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Combustibili | | | | | Arde con odore di solfo . . . . . | *Solfo.* |
| | | | | | Ardono con odore bituminoso . . | *Carbon fossile. Lignite.* |
| | | | | | Arde con odore d'erbe secche . . . | *Torba.* |
| | | | | | Arde senza odore . . . . . . . | *Antracite.* |
| Con sapore salato . . . . . . . . . . . . . | | | | | | *Salgemma* |
| Con aspetto metallico . . . . . . . . . . . . | | | | | | *Rocce metalliche* |
| Con aspetto non metallico e peso considerevole . . | | | | | | *Rocce metalliche* |
| Non combustibili, senza sapore, senza aspetto metallico e con peso mediocre | Con aspetto frammentario . . . . . . | | | | | *Sabbie, ghiaie, arenarie, puddinghe, brecce, conglomerati d'ogni specie e tufi vulcanici* (1). |
| | Aspetto non detritico | Effervescenti cogli acidi . . . . . . | | | | *Rocce calcaree. Carbonato di ferro* |
| | | Non efferv. cogli acidi | Con aspetto argilloso . . . . . | | | *Argille. Caolino.* |
| | | | Aspetto non argilloso | Rigate anche coll'unghia; dolci e untuose al tatto . . . . | | *Talco. Clorite.* |
| | | | | Rigata anche coll'unghia, ma non dolce al tatto . . . . . | | *Gesso.* |
| | | | | Non rigate dall'unghia | Aspetto omogeneo, V. Tabella II. | |
| | | | | | Aspetto eterogeneo, V. Tabella III. | |

(1) *Conglomerati* ben distinti sono: la *grovacea* (*grauwacke* dei Tedeschi), formata di ciottoli d'ogni specie, di colore per lo più grigio o nerastro, ad elementi d'ogni grossezza; l'*anagenite*, di frammenti d'ogni specie con cemento talcoso, per lo più verde; e la *gomfolite* (*nagelflue* degli Svizzeri), ad elementi misti, poco saldamente uniti da un cemento calcareo o marnoso.

*Arenarie* ben distinte sono: la *molassa*, con cemento calcareo poco solido, il *macigno*, con cemento assai solido, e la *psammite* o *arenaria micacea*, molto ricca di mica.

## TABELLA II.

ROCCE IGNEE E METAMORFICHE D'ASPETTO OMOGENEO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Eminentemente lamellose | ontuosa al tatto | | | | *Talco.* |
| | non ontuosa | | | | *Mica.* |
| Lamellari e saccaroidi | fusibili, di colore | bianco, biancastro o rosso | | | *Roccia di felspato (Armofanite).* |
| | | verde scuro, nero o nerastro | | | *Roccia di amfibola (Amfibolite) o pirosseno (Lerzolite).* |
| | infusibili | | | | *Quarzite e anidrite.* |
| Granose | fusibili | di color chiaro | | | *Roccia di felspato (Leptinite).* |
| | | di color oscuro | | | *Roccia di pirosseno (Coccolite).* |
| | infusibili | | | | *Quarzite o anidrite.* |
| Compatte; di colore | chiaro | dolce e ontuosa al tatto | | | *Talco.* |
| | | non dolci al tatto | fusibili | | *Roccia di felspato (Eurite).* |
| | | | infus. o quasi | tenacissima | *Saussurite* (1). |
| | | | | non tenacissime | *Quarzite e anidrite.* |
| | verde scuro | dolce e ontuose al tatto | | | *Talco e serpentina.* |
| | | non dolci al tatto | | | *Dioritina e afanite* (2). |
| | bigio, bruno o nero | fusibili | bigie | | *Trachite e rocce analoghe.* |
| | | | nere | | *Basalte e trappi.* |
| | | infusibile | | | *Quarzite e anidrite.* |
| Scistose | fusibili | | | | *Roccia di felspato (Fonolite).* |
| | infusibili o quasi | dolci e ontuose al tatto | | | *Fillade e talco.* |
| | | non dolci al tatto | | | *Micaschisto e diaspro.* |
| Porose | colore bigio o chiaro | | | | *Rocce vulcaniche trachitiche.* |
| | colore nero o nerastro | | | | *Rocce vulcaniche basaltiche.* |
| Vitree | | | | | *Ossidiana o vetro vulcanico.* |
| Resinoidi | fusibile | | | | *Felspato resinoide.* |
| | infusibile | | | | *Quarzo resinoide.* |

(1) Roccia tra il felspato e la serpentina.

(2) Di felspato e anfibola la prima, di felspato e pirosseno la seconda; spesso confuse insieme per non potersi ben distinguere il pirosseno dall'anfibola.

## TABELLA III.

| ROCCE IGNEE E METAMORFICHE D'ASPETTO ETEROGENEO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Porose | | color bigio o chiaro | | | *Pomice e rocce vulcaniche trachitiche.* |
| Porose | | color nero o nerastro | | | *Rocce vulcaniche basaltiche o tefriniche.* |
| Porfiroidi | pasta granitoide | a due elementi | | | *Sienite, diorite ed eufotide* (1). |
| Porfiroidi | pasta granitoide | a tre elementi | | | *Granito, protogino, sienite e dolerite* (2). |
| Porfiroidi | pasta d'aspetto argilloso | | | | *Mimofiro o porfido argilloso.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | rossa | | | *Porfido rosso propr. detto.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | grigia | | | *Rocce vulcaniche trachitiche porfiroidi.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | verde chiara | | | *Porfido amfibolico.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | verde scura | | | *Prasofiro o porfido verde.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | di vario colore, con granati rossi dissem. | | | *Eclogite.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | nera o nerastra: cristalli di | felspato | | *Prasofiro.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | nera o nerastra: cristalli di | felspato, o felspato e pirosseno | | *Melafiro o porfido nero.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | nera o nerastra: cristalli di | leucite (amfigeno) | | *Lava con leuciti o leucitofiro.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | nera o nerastra: cristalli di | peridoto | | *Roccia basaltica con peridoto o peridotite.* |
| Porfiroidi | pasta compatta o lamellosa | nera o nerastra: cristalli di | analcimo | | *Roccia basaltica con analcimi o analcimite.* |
| Orbicolari, ossia compatte, e sparse di globuli | | | | | *Variolite e diorite orbicolare.* |
| Amiddaloidi, ossia compatte e sparse di noduli con forma di mandorle, o di vani aventi la stessa forma | | | | | *Amiddaloide (Roccia vulcanica).* |
| Compatte | | | | | *Serpentina.* |
| Eminentemente scistose | | | | | *Fillade, scisto micaceo, scisto talcoso e scisto argilloso.* |
| Granitoidi e scistose | colore uniforme o quasi | nero o nerastro | | | *Dolerite* (2). |
| Granitoidi e scistose | colore uniforme o quasi | verde | | | *Serpentina.* |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a tre elementi | | | *Granito, sienite, protogino e gueiss.* |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | felspato e | mica | *Gneiss.* |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | felspato e | quarzo | *Pegmatite (varietà di granito).* |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | felspato e | amfibola | *Sienite e diorite.* |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | felspato e | pirosseno | *Ofitone* (3). |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | felspato e | diallagio | *Eufotide* (1). |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | mica e quarzo | | *Greissen.* |
| Granitoidi e scistose | colore misto | a due elem. | diallagio e granati | | *Eclogite.* |

(1) *L'eufotide o granitone* è composta di felspato bianco e diallagio verde per lo più chiaro; la *sienite* di felspato bianco, quarzo e anfibola nera; la *diorite* di felspato bianco e anfibola nera.

(2) La *dolerite* è composta di felspato bianco, pirosseno nero e ferro titanato granoso, nero e pesante.

(3) Roccia granitoide, di felspato bianco e pirosseno verde scuro o nero.

# CALORE TERRESTRE

## Capitolo primo.

I Il Calorico è un agente importante. — II. Variazioni locali della temperatura. — III Periodo diurno. — IV. Periodo annuo. — V. Media temperatura diurna. — VI. Media temperatura mensile. — VII. Media temperatura annua. VIII. — Temperatura d'un luogo. — IX. Linee isotermiche. — X. Zone isotermiche. — XI. Equatore termico — XII. Seconda zona isotermica. — XIII. Terza. — XIV. Quarta. — XV. Quinta e sesta. — XVI. Regioni polari. — XVII. Il clima è variabile in una stessa linea isotermica. — XVIII. Climi costanti, variabili ed eccessivi. — XIX. Classificazione dei climi. — XX. Temperature estreme nella zona torrida e nella fredda. — XXI. L'elevazione di un luogo influisce sulla sua temperatura. — XXII. Limite delle nevi perpetue. — XXIII. Condizioni termiche sotto la superficie del suolo. — XXIV. Strato di temperatura invariabile. — XXV. È variabile secondo la latitudine. — XXVI. Sua forma. — XXVII. Condizioni termiche al di sopra di esso. — XXVIII. Condizioni al di sotto di esso. — XXIX. Temperatura delle sorgenti. — XXX. Temperatura del massimo di densità dell' acqua. — XXXI Condizioni termiche dei mari e dei laghi. — XXXII.

## I.

Fra tutti gli agenti fisici, il calorico è quello che ha più intima relazione coll' economia terrestre, è il più importante al benessere delle famiglie di esseri organizzati che abitano la terra, ed è quello dalla cui azione dipendettero in grado maggiore o minore le più rimarcabili rivoluzioni per cui è passato il nostro pianeta. Siccome intendiamo di esporre in altro dei trattati del Museo, queste rivoluzioni e le tracce che ne rimasero impresse nella crosta del globo, sarà ben fatto che presentiamo qui qualche nozione preliminare sulle leggi che reggono la distribuzione del calore e le vicende periodiche di temperatura sopra e sotto la superficie della terra e negli strati superiori dell' atmosfera.

## II.

La temperatura della superficie terrestre varia secondo la latitudine, decrescendo gradatamente dall' equatore ai poli.

Varia pure secondo l' elevazione del luogo dell' osservazione decrescendo all' ingrandire dell' altezza sul livello del mare, e modificandosi secondo certe condizioni al di sotto di questo livello in modo di crescere in ogni caso gradatamente a tutte le profondità inferiori ad un certo strato dove la temperatura è invariabile.

Ad una data latitudine e ad una data elevazione la temperatura varia secondo il carattere della superficie, cioè secondo che il luogo dell'osservazione è in mare, o sul continente, e se è sul continente, secondo la natura, le produzioni o le condizioni del suolo e gli accidenti della superficie quali sarebbero l' inclinazione e l'esposizione.

## III.

In un dato luogo la temperatura subisce due variazioni periodiche principali la *diurna* e l'*annua.*

La temperatura scendendo fino ad un minimo ad un certo momento presso il sorger del sole, aumenta fino a raggiungere un massimo ad un certo altro momento dopo che il sole è passato al meridiano. La temperatura si abbassa poi nuovamente fino a ritornare al minimo sul mattino.

Questo periodo termo-metrico diurno varia secondo la latitudine, l'elevazione del luogo, il carattere della superficie e secondo svariatissime condizioni locali che influiscono non solamente sulle ore della massima, della minima e della media temperatura ma anche sulle differenze tra la massima e la minima temperatura, cioè sulla quantità della variazione.

IV.

Anche il periodo termometrico annuo varia secondo la latitudine e secondo tutte le altre circostanze che influiscono sui fenomeni termici.

Per svolgere le leggi termiche generali da fenomeni così complicati e mutabili è anzi tutto necessario di definire ed assegnare le condizioni medie e gli stati, intorno a cui si compiono le oscillazioni termometriche.

V.

La media temperatura diurna è una temperatura così scelta fra le temperature estreme di un giorno che tutte quelle che ne sono più alte abbiano a superarla esattamente di quanto ne sono inferiori le più basse.

La temperatura media si può avere subito sommando le temperature all'aurora, a due ore dopo mezzo giorno ed al tramonto e dividendo il risultato per tre, od anche più semplicemente sommando insieme la massima e la minima temperatura e pigliando la metà della somma. Qualunque dei due sarà il metodo seguito, si otterrà quasi esattamente lo stesso risultato.

VI.

La media temperatura mensile si ha dividendo la somma delle medie temperature diurne di un mese per il numero dei giorni.

VII.

La media temperatura annua si ha dividendo per 12 la somma delle medie temperature mensili.

Si osserva che in ogni clima vi è un mese la cui temperatura è la stessa o quasi la stessa della media temperatura annua. Questa circostanza, quando si sappia che mese sia, fornisce un mezzo facile di osservare la media temperatura annua. Nei nostri climi è il mese di ottobre.

## VIII.

Osservando in un dato luogo la media temperatura annua per una serie di anni e paragonando fra loro queste medie, si vedrà se la media temperatura annua soggiaccia a variazioni ed in caso affermativo se la variazione sia periodica o progressiva. Tutte le osservazioni eseguite e registrate finora, tendono a convalidare la conclusione che le variazioni della media temperatura annue sieno periodiche, come lo sono tutti gli altri fenomeni cosmici, e che le oscillazioni avvengano tra limiti determinati ed entro determinati intervalli. Ma anche quando non si conosca il periodo di queste variazioni, si può ottenere con grande approssimazione la temperatura media del luogo sommando insieme il maggior numero di medie annuali possibile, e dividendo poi la somma per il loro numero. La probabile esattezza del risultato sarà tanto maggiore quanto minori saranno le differenze fra le temperature sommate.

Così dal paragone di trenta medie temperature annue a Parigi risultò la media di 10°, 8 C, e si trovò che la differenza fra la massima e la minima delle medie temperature annue non era che di 4°, 5, C. Si può quindi ritenere che la vera temperatura media di quel luogo non differisca da 10°, 8, C di più della nona parte di un grado.

Le osservazioni per altro vennero fatte finora su di una scala così poco estesa, e per così brevi periodi di tempo che non si è potuto assegnare il carattere termico che per un piccolissimo numero di luoghi. Si ottennero, ciò nondimeno delle indicazoni abbastanza chiare e soddisfacenti da cui Humboldt dedusse alcune conseguenze generali che ora esporremo brevemente.

## IX.

Progredendo successivamente lungo uno stesso meridiano dall'equatore al polo la temperatura media in generale decresce, però non regolarmente nè uniformemente. In alcuni punti anzi avviene che la temperatura media cresca invece di diminuire. Queste irregolarità

sono prodotte in parte dal carattere della superficie su cui passa il meridiano e in parte dagli effetti atmosferici prodotti dalle regioni adiacenti e da una moltitudine di altre cause locali ed accidentali. Siccome queste cause di irregolarità nella maniera con cui descresce la temperatura media, andando dall'equatore al polo, sono differenti nei differenti meridiani, è evidente che i punti dei varii meridiani terrestri in cui le temperature medie sono eguali, non giacciono sopra uno stesso parallelo di latitudine, come dovrebbe avvenire se le cause che influiscono sulla distribuzione del calore fossero esenti da tutte queste anomalíe ed influenze accidentali.

Ora se, su ciascuno dei meridiani che cingono il globo, si segnano i punti aventi una stessa temperatura media, la linea che unisce tutti questi punti si chiama *linea isotermica.*

Ogni linea isotermica è dunque caratterizzata dalla temperatura media uniforme che regna in ciascuna sua parte.

## X.

*Zone isotermiche.* — Lo spazio compreso tra due linee isotermiche di date temperature si denomina *zona isotermica.*

In relazione alle sue condizioni termiche, l'emisfero boreale venne distinto in sei zone limitate dalle sei linee isotermiche caratterizzate dalla temperatura media 30°·, 23°, 33·, 20°·, 15°·, 10°·, 5° e 0° C.

La prima zona è uno spazio che cinge il globo compresa fra l'equatore e la linea isotermica della temperatura di 23°, 33 C.

La temperatura media dell'equatore terrestre non soggiace che ad una piccolissima variazione per cui si può considerarlo assai prossimamente come linea isotermica. La sua temperatura media varia entro i ristretti limiti di 27°, 5 e 28°, 5 C.

## XI.

Se sopra ciascun meridiano si segna il punto della massima temperatura, la serie di questi punti segue intorno al globo una certa linea che si è denominata *equatore termico.* Questa linea si scosta dall'equatore terrestre per dieci o dodici gradi dalla parte del nord e per circa otto gradi dalla parte del sud tenendo un andamento sinuoso ed irregolare, ed intersecando l'equatore terrestre a circa 100° e 160° di longitudine orientale. — Raggiunge le massime distanze a nord alla Giammaica ed in un punto dell'Africa centrale che ha la latitudine di 15° e la longitudine orientale di 10° o 12°. La massima temperatura media dell'equatore termico è di 30° C.

La linea isotermica dalla temperatura di 23° 33 C non ha un andamento molto sinuoso e non si discosta molto dai tropici.

XII.

La seconda zona che è compresa tra i paralleli isotermi caratterizzati dalle temperature 23° 1/3 e 20° C è molto più sinuosa e comprende diversissime latitudini. Nei punti dove interseca i meridiani d'Europa è convessa verso il nord e raggiunge la massima latitudine nell'Algeria.

XIII.

La terza zona, compresa fra i paralleli isotermici che hanno le medie temperature di 20° e di 15° C, passa sulle coste francesi nel Mediterraneo circa alla latitudine 43°, e di qui piega verso il sud tanto ad est come ad ovest, all'est verso Nangasaki e le coste del Giappone e ad ovest fino a Natchez sul Mississippì.

XIV.

La quarta zona è compresa tra i paralleli delle medie temperature 15° e 10°. È convessa verso il nord in Europa abbracciando la maggior parte della Francia, e poi da una parte e dall'altra volge al sud, comprendendo all'est Pechino ed all'ovest Filadelfia, Nuova York e Cincinnati. Da questa disposizione della quarta zona termica, è manifesto che il clima d'Europa è più caldo di quelle parti degli altri continenti orientali e occidentali che si trovano sulla stessa latitudine.

XV.

La quinta e la sesta zona, racchiuse fra le temperature medie di 10° e 0° C, sono più sinuose e contengono latitudini anche più svariate delle precedenti. Però, le osservazioni termometriche eseguite finora in quelle regioni sono troppo limitate perchè dieno fondamento a qualche deduzione generale rispetto ad esse.

XVI.

Il circolo la cui area è compresa nel parallelo isotermico della temperatura media di 0° C, è ancora poco conosciuto. Tuttavia, i risultati delle osservazioni fatte dai viaggiatori artici negli ultimi venti anni danno argomento a credere che la temperatura del polo sia in qualche luogo da 13° a 35° F sotto lo zero di Fahrenheit,

cioè da 45° a 67° sotto la temperatura del ghiaccio che si fonde. (— 25° a — 37° 23 C).

## XVII.

Quando si considerino le differenze dei prodotti vegetali in luoghi situati su di una stessa linea isotermica, risulta all'evidenza che oltre la media temperatura si devono determinare altre condizioni termiche prima di poter conoscere il clima di un luogo. Così Londra, Nuova York e Pechino sono quasi sulla stessa linea isotermica, pure il clima e le produzioni vi differiscono estremamente.

## XVIII.

Una delle circostanze che producono le più marcate differenze di clima in luoghi della stessa temperatura media è la differenza fra le temperature estreme. Sotto questo riguardo i climi si distinguono in *costanti, variabili* ed *eccessivi.*

Climi costanti sono quelli dove è piccola la differenza tra la massima e la minima temperatura mensile; climi variabili sono quelli dove la detta differenza è più considerabile e climi eccessivi sono quelli dove la stessa differenza è grandissima.

I climi costanti si chiamano talvolta anche marini, perchè la proprietà dell'oceano di rendere uniforme la temperatura dell'aria, conferisce questo carattere ai climi delle isole.

## XIX.

*Esempii di classificazione dei climi.* — Gli esempi che seguono chiariranno questa classificazione dei climi.

| LUOGHI. | TEMP. MEDIA. | MASSIMA TEMP. MEDIA MENSILE. | MINIMA TEMP. MEDIA MENSILE. | DIFFERENZA. |
|---|---|---|---|---|
| Funchal. . . . . | 20°55 | 24°20 | 17°20 | 7° |
| Londra . . . . . . | 10·20 | 19·40 | 5·40 | 14 |
| Parigi . . . . . . | 10·60 | 18·50 | 2·24 | 16·26 |
| S. Malo. . . . . | 6·74 | 18·00 | 3·20 | 14·80 |
| Nuova York . . . | 12·10 | 27·10 | — 3·70 | 30·80 |
| Pechino . . . . . | 11·60 | 29 10 | — 4·10 | 33·20 |

Funchal offre un esempio di clima costante o marino. Londra, Parigi e S. Malò di un clima variabile; e Nuova York e Pechino di clima eccessivo.

## XX.

La temperatura più elevata dell'aria che siasi osservata nella zona torrida è quella di 130° F (54° 44° C) che venne osservata dai signori Lyon e Retchie nell'Oasi di Mourzouk. Però questo non è che un caso estremo ed eccezionale perchè anche in questa zona la temperatura eccede di rado i 120° F (48° 88 C).

La più bassa temperatura osservata dai viaggiatori artici nelle regioni polari è tra i 40° ed i 60° sotto lo zero di Fahrenheit cioè dai 70° ai 90° sotto la temperatura del ghiaccio che si fonde (dai — 39° ai — 50° C). Quindi appare che la temperatura dell'aria alla superficie della terra varia da — 60° F (— 51° C) a + 120° F (49° C), l'estrema differenza essendo di 180° F (100° C).

## XXI.

Innumerevoli fenomeni provano che la temperatura dell'aria diminuisce andando verso l'alto. La presenza delle nevi perpetue sulle parti elevate delle catene di montagne, in ogni parte del globo non eccettuata la zona torrida, ne è una prova evidente.

Dalle osservazioni fatte sui declivii delle vaste catene di monti che traversano le regioni equatoriali risulta che il decremento della temperatura non è uniforme nè regolare.

Le osservazioni fatte in climi temperati danno risultati egualmente irregolari. Gay Lussac nella sua ascensione aereostatica trovò che la colonna termometrica si abbassava di mezzo grado all'altezza di circa 96 metri. Sulle Alpi l'elevazione che produce un abbassamento di mezzo grado della temperatura è da 78 a 84 metri, e sui Pirenei da 66 a 120 metri. Si può ritenere che un'elevazione di 90 metri nelle regioni tropicali e di 90 a 100 nelle nostre latitudini corrisponda in media ad un abbassamento di mezzo grado nella temperatura, variando però notevolmente da un luogo all'altro.

## XXII.

Potrebbe sembrare che a quelle elevazioni dove la temperatura scende a 32° F (0° C) non possa trovarsi l'acqua allo stato liquido

e che al di sopra di questo limite si abbia a trovare la superficie coperta di perpetua neve. Nondimeno le osservazioni dimostrano erronea questa conclusione.

Humboldt nelle regioni equatoriali, ed il sig. Leopoldo de Buch in Norvegia e Lapponia hanno dimostrato che il *limite delle nevi* non corrisponde alla temperatura media di 32° F (0° C) nell'atmosfera superficiale ma che invece fra i tropici segna una temperatura media di circa 35° F (1° 66, C) mentre nelle regioni nordiche, nelle latitudini da 60° a 70°, la temperatura media è di 26° 1/2 F (— 3° 6 C).

Pare che il limite delle nevi sia determinato non tanto dalla media temperatura annua dell'aria quanto dalla temperatura del mese più caldo. Quanto più alta è questa temperatura, tanto più elevato è il limite delle nevi perpetue. E la temperatura del mese più caldo dipende da una gran varietà di condizioni locali, come lo stato nuvoloso dell'atmosfera, la natura del secolo, l'inclinazione e l'esposizione della superficie, i venti predominanti, ecc.

## XXIII.

In uno stesso luogo la superficie del suolo subisce una variazione periodica di temperatura, raggiungendo un massimo nella state e un minimo nel verno, e aumentando dal minimo al massimo e decrescendo dal massimo al minimo gradatamente ma non regolarmente nè uniformemente.

Si può proporre adesso la quistione se questa variazione periodica si propaghi nell'interno della crosta terrestre, ed in tal caso, se discendendo subisca qualche e quale modificazione?

Nell'esporre i fenomeni che sono stati constatati dall'osservazione, esprimeremo la temperatura media con M e le temperature massime e minime con T e t.

Penetrando a profondità più o meno considerevoli, si trova che la temperatura media M degli strati è quasi esattamente la stessa che alla superficie. Le temperature estreme T e t, però, soffrono un cambiamento notevole diminuendo T e crescendo t. Così gli estremi si avvicinano gradatamente fra loro al crescere della profondità, e rimane quasi inalterata la temperatura media M.

## XXIV.

Si giunge infine ad una certa profondità dove la massima temperatura T, per il continuo diminuire e la minima e per il continuo

crescere, divengono entrambe eguali alla temperatura media M. A questa profondità scompajono quindi le variazioni periodiche della superficie; e la media temperatura M si mantiene durevolmente senza il minimo cambiamento.

Però questa media temperatura non è precisamente eguale, sebbene lo sia assai prossimamente, alla media temperatura superficiale. Nel discendere M riceve un piccolo aumento e alla profondità a cui T e t divengono eguali ad M e svanisce la variazione è un po' più alta della temperatura media della superficie.

## XXV.

La profondità a cui scompajono le vicende superficiali di temperatura varia secondo la latitudine, la natura della superficie ed altre circostanze. Nei nostri climi varia dai 25 ai 30 metri. Diminuisce verso l'equatore e cresce verso i poli. L'eccesso della temperatura permanente a queste profondità sulla temperatura media della superficie aumenta colla latitudine.

Il termometro che si tenne per sessant'anni nelle cantine dell'Osservatorio di Parigi alla profondità di ventisette metri sotto la superficie ha indicato in quell'intervallo la temperatura di 11° 82 cent., ossia di 53° 1/4 di Fahrenheit senza variare di un mezzo grado di Fahrenheit ed anche questa variazione, per quanto minima, fu spiegata cogli effetti delle correnti d'aria prodotte dai lavori che si facevano nelle vicinanze dell'Osservatorio.

## XXVI.

Dobbiamo quindi inferirne che sotto la superficie della terra vi è uno strato di temperatura invariabile e così posto che tutti gli strati superiori ad esso sono affetti più o meno dalle vicende termiche della superficie e tanto più quanto più sono vicini alla superficie; che questo strato di temperatura invariabile ha una forma irregolare mentre in alcuni luoghi si avvicina maggiormente alla superficie e se ne allontana maggiormente in altri, e che la natura od il carattere del suolo, i monti, le valli, le pianure, i mari, i laghi ed i fiumi, la maggiore o minore distanza dall'equatore o dai poli e mille altre circostanze, gli imprimano variazioni di forme, che per essere manifestate richiederebbero osservazioni e sperienze continuate più a lungo e in scala più estesa di quelle finora eseguite.

## XXVII.

Le osservazioni termometriche delle variazioni periodiche che avvengono superiormente allo strato di temperatura invariabile, non sono così numerose come si vorrebbero; tuttavia si sono verificate le seguenti condizioni generali, e specialmente nelle medie latitudini dell'emisfero boreale: —

1°. Le variazioni diurne di temperatura non sono sensibili ad una profondità maggiore di circa un metro.

2.° La differenza fra le temperature estreme degli strati decresce in progressione geometrica per profondità crescenti in progressione aritmetica, almeno con grande approssimazione.

Per esempio, alla profondità di sette metri la differenza tra le temperature estreme T e *t* si riduce ad un grado; a quindici metri diminuisce fino ad un nono di grado e a diciotto o ventiquattro metri ad un novantesimo di grado.

3.° Siccome gli effetti della variazione superficiale abbisognano di un certo tempo per penetrare negli strati, è evidente che l'epoca a cui ogni strato raggiunge la massima o la minima temperatura sarà differente da quelli a cui la raggiungono gli altri strati o la superficie. Quanto più lo strato sarà profondo tanto maggiore sarà il ritardo nell'epoca di questi limiti, in paragone della superficie.

## XXVIII.

La stessa uniformità di temperatura che regna nello strato invariabile si osserva pure a tutte le maggiori profondità, soltanto che la temperatura cresce colla profondità. Così ogni strato successivo andando in giù, ha una temperatura caratteristica che non cambia mai. La rapidità con cui cresce questa temperatura colla profondità, al di sotto dello strato invariabile, è estremamente diversa nelle varie località. In alcune v'è l'incremento di un grado ad ogni sedici metri di discesa, in altre lo stesso incremento corrisponde ad una profondità di 50 metri. In generale si può stabilire che abbia luogo l'incremento di un grado nella temperatura ad ogni trenta o quaranta metri di discesa.

## XXIX.

L'immutabilità di temperatura degli strati inferiori è manifestata dall'uniformità di temperatura delle sorgenti le cui acque salgono

da notevoli profondità. In tutte le stagioni dell'anno l'acqua di quelle sorgenti conserva la stessa temperatura uniforme.

Si può ritenere che la temperatura dell'acqua di queste sorgenti sia quella degli strati da cui derivano. Nelle nostre latitudini si trova di poco superiore alla temperatura media dell'aria nelle sorgenti ordinarie, cioè in quelle che probabilmente salgono da strati non inferiori allo strato invariabile. Nelle latitudini più elevate l'eccesso di temperatura è più grande, fatto che concorda con quanto si è già esposto.

Non si è ancora constatato con certezza se le sorgenti calde, alcune delle quali hanno una temperatura di poco inferiore a quella dell'acqua bollente, derivino il loro calore dalla grande profondità degli strati da cui salgono, o da circostanze locali che affettino gli strati. L'uniformità della temperatura di molte di esse sembra favorire la prima ipotesi: ma non si deve dimenticare che altre condizioni geologiche oltre la sola profondità ponno operare colla stessa costanza e regolarità.

## XXX.

È notissimo che i corpi in generale si dilatano scaldandoli e si restringono raffreddandoli. L'acqua, quando la sua temperatura scende sotto 4° C offre un'eccezione rimarchevole a questa legge generale. Conformemente alla legge, seguita a contrarsi, sebbene in misura continuamente calante, da 4°, 44 a 3° 78 C, e quando tocca questa seconda temperatura cessa affatto la contrazione. Se la temperatura scende sotto 3° 78 C, in luogo di restringersi si *dilata* e continua a dilatarsi finchè si agghiaccia ciò che avviene 0° C.

Segue da ciò che la densità dell'acqua o il suo peso a parità di volume, alle diverse temperature è massima quando la temperatura sia di 3° 78 C, la quale dicesi perciò la temperatura della massima densità. (Vedi *Trattato sull'acqua* 5).

## XXXI.

Questa anomalía presentata dell'acqua quando la sua temperatura scende sotto i 4° centesimali, e in conseguenza la sua massima densità a questa temperatura ha le più importanti e rimarchevoli conseguenze nei fenomeni delle acque del globo e sull'economia delle famiglie di esseri organizzati che le popolano. È facile di mostrare che senza questa provvidenza, per quanto sembri eccezionale, avver-

rebbero disordini e cambiamenti tali da seguirne i più disastrosi effetti nell'economia della natura.

Quando una gran massa d'acqua, come l'oceano, un mare, un lago, è esposta ad un continuato raffreddamento, cosicchè si abbassi continuamente la temperatura del suo strato superficiale, si manifestano gli effetti seguenti.

Lo strato superficiale raffreddandosi si fa più pesante, a parità di volume, degli strati inferiori e quindi cala a fondo, sorgendo gli strati inferiori ad occuparne il posto. Questi raffreddati alla loro volta calano a fondo, ed in tal modo si stabilisce un sistema continuo di correnti discendenti ed ascendenti da cui viene continuamente eguagliata la temperatura di tutta la massa liquida e resa uniforme della superficie al fondo. Questo dura fintanto che lo strato superficiale sia reso dall' abbassamento di temperatura più pesante, a pari volume, degli strati sottostanti. Ma lo strato superficiale, e tutti gli inferiori saranno ridotti alla fine alla temperatura uniforme di 4°C. Allora cesserà quel sistema di correnti d'ascesa e di discesa.

Allora i varii strati torneranno in quiete. Quando lo strato superficiale è ridotto ad una temperatura inferiore a 4°C. (che è quella della massima densità dell' acqua), esso diviene ad egual volume, più leggero invece di essere più pesante degli strati sottostanti. Deve quindi galleggiare sopra questi. La temperatura dello strato che gli sta immediatamente sotto, ed a contatto sara pure abbassata, ma ad un grado minore e analogamente la temperatura d'una serie di strati, l'uno sotto l'altro, fino ad una certa profondità, sarà abbassata dal freddo dello strato rispettivamente superiore, ma ciascuno di questi strati, essendo più leggiero del sottoposto, rimarrà fermo e non si stabiliranno correnti fra uno strato e l' altro. Se l' acqua conducesse bene il calorico, l'azione raffreddatrice della superficie si stenderebbe all' ingiù fino ad una notabile profondita. Ma, poichè invece l'acqua è un conduttore imperfettissimo, l'effetto della temperatura superficiale non arriva che a brevissima profondità; ed a questo limite e sotto di esso, si mantiene la temperatura uniforme di 4° C, cioè quella della massima densità.

Questo stato di quiete durerà finchè lo strato superficiale sarà disceso a 0,° (1) dopo di che esso gelerà. Solidificata che sia la superficie, se continuerà ad essere esposta ad un freddo inferiore a 0°, la temperatura della crosta di ghiaccio seguiterà a diminuire, e l'abbassamento di temperatura si propagherà all' ingiù, però in gradi

(1) Per l'acqua marina il punto di congelazione è a — 2°, 5 C.

sempre minori, riducendo a 0° la temperatura dello strato su cui appoggia il ghiaccio, continuando così il processo della solidificazione ed ingrossando il ghiaccio.

Se il ghiaccio fosse un buon conduttore del calorico, la congelazione dovrebbe procedere indefinitamente all'ingiù, e non sarebbe impossibile che tutta la massa d'acqua, dalla superficie al fondo, qualunque ne fosse lo spessore, si agghiacciasse. Ma il ghiaccio è un cattivo conduttore dal calorico, quasi altrettanto come l'acqua, cosicchè la temperatura superficiale non può propagarsi che a brevissima profondità: e si trova difatti, che la cresta di ghiaccio che si forma anche alla superficie dei mari polari, non sorpassa lo spessore medio di sei metri.

## XXXII.

La condizione termica di un lago o d'un mare gelato, è dunque uno stato di quiete molecolare tanto assoluta come se tutta la massa liquida fosse solidificata. La temperatura della superficie del ghiaccio che è inferiore al punto di congelazione, va crescendo negli strati inferiori fino che arriva a questo punto, in quello strato a cui finisce il ghiaccio e comincia l'acqua liquida. Al di sotto ancora, la temperatura continua a crescere fino che arriva a 4°C, quella della massima di densità dell'acqua, la quale poi continua uniformemente fino al fondo.

## XXXIII.

Consideriamo ora quali effetti debbano prodursi, quando lo strato superficiale venga esposto ad un incremento di temperatura. Dopo che si sarà fuso il ghiaccio, la temperatura della superficie crescerà poco a poco da 0° a 4° C, temperatura della massima densità. Mentre la temperatura dello strato superficiale sale a 0°, lo strato diventa più pesante di quello che gli è sottoposto, per cui deve stabilirsi uno scambio di correnti, fra loro che ne renda uniforme la temperatura, e che seguiterà finchè lo strato superficiale sarà giunto alla temperatura di 4°, e così la temperatura di tutta la massa d'acqua da cima a fondo, sarà divenuta uniforme.

Dopo ciò, un ulteriore innalzamento di temperatura dello strato superficiale, lo renderà più leggiero di quelli sottoposti, per cui non si produrranno correnti e il liquido rimarrà in quiete; e questo stato di riposo durerà fintanto che la temperatura seguiterà a salire.

Qualunque abbassamento della temperatura superficiale, fintanto

che essa continua ad essere superiore a 4° sarà seguito da uno scambio di correnti fra lo strato superficiale e gli strati inferiori la cui temperatura supera i 4° C, il quale ne renderà uniforme la temperatura.

## XXXIV.

Risulta quindi, come necessaria conseguenza del fin qui esposto, e questa illazione ha ricevuto una piena conferma dall'osservazione e dall'esperienza, che nei mari, nei laghi ed in tutte le altre grandi e profonde masse d'acqua, esiste un certo strato che conserva perennemente e senza la più leggiera variazione, la temperatura dei 4° caratteristica dello stato della massima densità, e che gli strati sottoposti a questo si trovano pure a questa medesima temperatura. Alle latitudini più basse lo strato superiore ha una temperatura più alta, ed alle latitudini più elevate ha una temperatura più bassa di quella dello strato di temperatura invariabile, il quale, ad una certa latitudine media coincide collo strato superficiale.

Difatti, l'osservazione ha mostrato che nella zona torrida, dove la temperatura superficiale del mare è di circa 28°, la temperatura diminuisce al crescere della profondità fino allo strato di temperatura invariabile, la cui profondità, sotto la linea, si giudica a circa duemila metri. La profondità di questo strato diminuisce di mano in mano alle latitudini sempre più elevate, ed il limite a cui coincide colla superficie è in qualche luogo fra le latitudini 55° e 60°. Al di sopra di questo la temperatura del mare cresce colla profondità degli strati, finchè si giunge allo strato di temperatura invariabile la cui profondità alle latitudini più elevate a cui si siano fatte delle osservazioni, si valuta a circa mille trecento metri.

## XXXV.

Si potrebbe pensare che la temperatura superficiale abbia a propagarsi all' ingiù e che abbia ad essere prodotta una eguaglianza di temperatura dal rimescolamento dello strato superiore cogli inferiori, causato dalla agitazione della superficie dell'acqua nelle commozioni atmosferiche. Si è trovato, al contrario, che questi effetti anche nel caso delle più violenti procelle e degli uragani, non si stendono a molta profondità e che mentre la superficie del mare è sconvolta da onde della massima altezza e grandezza, gli strati inferiori rimangono nella più assoluta quiete.

## XXXVI.

Se l'acqua seguisse la legge generale, per cui la densità di qualunque corpo cresce all'abbassarsi della temperatura, un freddo continuato potrebbe agghiacciare l'oceano dalla superficie al fondo, e questo avrebbe luogo di certo nelle regioni polari; perchè in quel caso il sistema di correnti verticali ascendenti e discendenti, che producono l'uniformità di temperatura, le quali s'è visto che si stabiliscono al di sopra dei 4°, si stabilirebbero anche al disotto di questo punto, e così seguiterebbe a rendersi uniforme la temperatura, finchè tutta la massa d'acqua, dalla superficie al fondo, sarebbe ridotta al punto di congelazione e si convertirebbe quindi in una massa solida colla distruzione di tutte le famiglie organizzate che la popolano.

L'esistenza di una temperatura di massima densità ad un punto della scala termometrica più elevato di quello della congelazione dell'acqua, combinata colla pessima conduttività dell'acqua, tanto liquida che solida, per il calorico, rendono impossibile tale catastrofe.

## XXXVII.

L'aria soggiace a variazioni di temperatura meno estese sull'acqua che sui continenti. Così, nella zona torrida, dove la temperatura del suolo soffre una variazione diurna di 5° 5 la massima variazione diurna sul mare non eccede 1°, 8.

Nelle zone temperate, la variazione diurna si limita sul mare a circa 3° mentre sui continenti è assai varia e dovunque considerevole. In differenti parti di Europa essa varia da 11° a 14°.

Tanto sulle acque che su terra il momento della minima temperatura è quello del sorgere del sole, ma sul mare l'ora del massimo caldo è circa a mezzogiorno, mentre sul continente è a due o tre ore del pomeriggio.

Confrontando la temperatura dell'aria sul mare colla temperatura superficiale dell'acqua si è scoperto che fra i tropici l'aria, quand'è alla massima temperatura, è più calda dell'acqua, ma che la sua media temperatura diurna è inferiore a quella dell'acqua.

Nelle latitudini fra 25° e 50° la temperatura dell'aria è ben di rado più alta di quella dell'acqua, e nelle regioni polari l'aria non è mai calda come la superficie dell'acqua. All'opposto, ha in generale una temperatura molto più bassa.

## XXXVIII.

Regna molta incertezza sui fenomeni termici che si manifestano nelle grandi raccolte d'acqua che coprono la maggior parte della superficie del globo. Sembra però che si possa ammettere che delle correnti, causate da una differenza di pressione esercitata sugli strati d'eguale livello nei mari polari ed equatoriali producano uno scambio di acqua, il quale contribuisca grandemente a moderare i grandi effetti termici di quelle regioni, mentre la corrente che proviene dal polo abbasserebbe la temperatura delle acque equatoriali, e quella proveniente dalla linea, innalzerebbe la temperatura delle acque polari e contribuirebbe alla fusione del ghiaccio. Una corrente superficiale diretta dall'equatore ai poli, trasporterebbe alle regioni più fredde le acque più calde dei tropici, mentre una corrente contraria negli strati inferiori trasportarebbe dai poli verso la linea le acque più fredde. Quantunque si possa ritenere come dimostrata l'esistenza di queste correnti, la loro intensità e la loro direzione sono però modificate da una moltitudine di cause dipendenti dalla profondità e dalla forma del fondo e dalle influenze locali dei venti e dalle maree.

## XXXIX.

Le stupende masse d'acqua allo stato solido che formano un'eterna crosta a corona delle regioni del globo immediatamente circostanti al polo, presentano una delle più grandiose e più imponenti classi di fenomeni naturali. Le osservazioni e le ricerche del capitano Scoresby fornirono gran copia di importanti notizie su questo ramo della geografia fisica.

## XL.

Sulle coste dello Spitzbergen e della Groenlandia si trovano vasti banchi di ghiaccio, la cui estensione non arriva a meno di tre a quattro mila chilometri quadrati, ed il cui spessore varia dai sei agli otto metri. La superficie ne è in qualche parte così piana che una slitta vi scorre senza difficoltà per centinaja di miglia nella stessa direzione. Altrove è invece così ineguale come la superficie della terra, le masse di ghiaccio vi sono aggruppate in colonne ed eminenze di forme svariatissime, che arrivano ad altezze di sei ad

otto metri, e presentano figure delle più singolari e pittoresche. Questi prodigiosi cristalli mostrano talvolta delle magnifiche tinte di un azzurro verdastro, che imitano quelle d'una certa varietà di topazzo, variate talvolta da una grossa coperta di neve alla loro cima, che dà loro l'aspetto di rupi di gesso o di marmo bianco, distinte da una infinita varietà di forme e di lineamenti.

## XLI.

Questi immensi banchi di ghiaccio vengono alle volte repentinamente spezzati, dalla pressione delle acque sottoposte in frammenti che presentano una superficie dagli otto ai sedici mila metri quadrati. Questi essendo dispersi, sono trascinati in varie direzioni dalle correnti ed alle volte in causa di correnti che si incrociano vengono ad urtarsi con ispaventevole fracasso. Un bastimento che per disgrazia si trovasse framezzo a loro non resisterebbe a quell'impeto meglio che un bicchiere di vetro a quello d'una palla da cannone. Terribili disastri si verificano di tempo in tempo per simile causa. È per l'effetto di queste correnti sulle masse galleggianti del ghiaccio spezzato che quei mari sono aperti ai navigatori polari. E così le balene possono portarsi fino ai paralleli tra i 70° e gli 80°, che sono le parti popolate a preferenza di questi mostri marini, a cui essi danno la caccia.

## XLII.

Alle volte dopo una collisione, dei frammenti si ammucchiano l'uno sull'altro, come narra la favola del Pelio e dell'Ossa, e ne sorgono isole di ghiaccio ancora più stupende di quello che s'erano infrante. Allora le masse che risultano assumono forme svariatissime, ergendosi spesso da nove a quindici metri sul livello dell'acqua. Siccome il peso del ghiaccio è circa quattro quinti di quello d'un egual volume d'acqua, così ne segue che il volume della parte sommersa è quadrupla di quella che esce dalla superficie dell'acqua. L'altezza complessiva di queste isole galleggianti di ghiaccio, comprendendovi la parte sommersa, deve essere dunque dai 45 ai 75 metri.

## XLIII.

Avviene qualche volta che due di queste masse, poggiando sulle estremità di un frammento di ghiaccio lungo dai trenta ai quaranta

metri, lo tengano sommerso ad una certa profondità sotto il livello dell' acqua. Una nave può veleggiare fra quelle masse e sopra il ghiaccio sommerso; ma si troverebbe allora in gravissimo pericolo, perchè, se qualche causa fortuita avesse a staccare una delle due masse che tengono sprofondato il pezzo intermedio su cui passa questo, per la sua proprietà di galleggiare, sarebbe spinto alla superficie e sbalzerebbe in aria la nave con impeto irresistibile.

## XLIV.

Nella Baja di Baffin si osservarono delle isole di ghiaccio molto più grandi che sulle coste della Groenlandia. Moltissime di loro si ergono a 30 o 40 metri fuor d' acqua, per cui la loro altezza totale, cioè comprendendo la parte sommersa, deve arrivare ai 150 o 200 metri. Queste masse presentano generalmente un bel colore azzurro, e posseggono tutta la trasparenza d' un cristallo. Durante i mesi estivi, quando il sole in quelle latitudini elevate non tramonta mai, avviene una fusione superficiale e si producono delle immense cascate, che spiccandosi dalle loro sommità e crescendo di volume nella discesa, si precipitano in mare descrivendo curve paraboliche. Qualche volta al sopraggiungere della fredda stagione, questi archi liquidi sono sorpresi e solidificati dall' intensità del freddo senza perdere la loro forma, talchè sembrano, per così dire, colte al volo tra la sponda, da cui si projettano, e la superficie dell'acqua in cui cadono e repentinamente agghiacciate. Questi archi stupendi, però, non sono sempre dotati d'una coesione proporzionata al loro peso, e dopo essere cresciuti di volume fino ad un certo segno, cedono al proprio peso e rompendosi con uno spaventevole fragore, precipitano in mare.

## XLV.

La profondità del mare lungo le coste Groenlandesi non è considerabile. Le balene, quando sono trafitte dall'arpione, spesso calano a fondo nella loro agonìa, traendo seco l'arpione e la corda che vi è attaccata. Ritornando a galla, esse portano sui loro corpi le prove manifeste d' aver toccato il fondo per l' impressione che ne conservano e la lunghezza della corda che in tali casi hanno tratto seco mostra che non è più profondo di 900 a 1200 metri. A metà distanza circa tra Spitzberg e Groenlandia lo scandaglio ha passato i duemila metri senza toccar fondo.

## XLVI.

Il grado del freddo nelle regioni polari, come la temperatura delle altre parti del globo, dipende dall'estensione e dalla profondità dei mari. Se l'acqua non copre grandi estensioni di superficie o se non le copre che con poca profondità, l'effetto che ha di moderare e di rendere uniforme la temperatura, diminuisce d'assai. Da ciò deriva che la temperatura nelle regioni polari del sud è più mite che in quelle del nord. Oltreppassando la latitudine della Nuova Orcadi e della Nuova Shetland, che formano una barriera di ghiaccio, il navigatore entra in un mare aperto, che, secondo ogni apparenza, si stende fino al polo. Restano però molte cose ancora a scoprirsi sulla condizione fisica di quelle regioni.

## Capitolo secondo.



### XLVII.

Qualunque siano le sorgenti di calore interno, il globo terrestre dopo un certo tempo sarebbe ridotto ad uno stato di freddo assoluto, se non ricevesse da sorgenti esterne la quantità di calore necessaria

a riparare le sue perdite. Se il globo fosse sospeso negli spazi, e mancassero tutti gli altri corpi atti a somministrargli calore, il calore che ora è diffuso sulla terra e nell'atmosfera che la circonda, si dissiperebbe necessariamente per irradiazione e si sperderebbe negli interminabili abissi dello spazio. La temperatura dell'atmosfera e quello degli strati successivi che vanno dalla superficie al centro pel globo, diminuirebbero così di continuo e si abbasserebbero indefinitamente.

Ma poichè non si verifica un simile abbassamento di temperatura ed anzi la temperatura media del globo si mantiene ad un grado invariabile, (essendo le variazioni dipendenti dalle stagioni e dal clima tutte periodiche, e producendo in ultimo risultato una compensazione reciproca), resta a vedersi da quali sorgenti provenga il calore che mantiene la temperatura media del globo a questa misura invariabile, malgrado la gran perdita di calore che esso subisce per l'irradiazione nello spazio circostante.

Tutti i corpi dell'universo materiale, sparsi in moltitudine innumerevole nell'infinità degli spazi, sono sorgenti di calore e centri da cui questo agente fisico è irradiato in tutte le direzioni. L'effetto prodotto della irradiazione di ciascuno di questi corpi diminuisce in quella proporzione secondo cui cresce il quadrato della sua distanza. Le stelle fisse sono corpi analoghi al nostro sole, e si trovano differenze così enormi che l'effetto dell'irradiazione di ciascuno di loro, riesce affatto insensibile. Se, però, si riflette che la moltitudine degli astri diffusi nel firmamento è così prodigiosa, che in alcune parti ve ne sono molte migliaja agglomerati in uno spazio non maggiore di quello occupato dal disco della luna piena, non farà maraviglia che il loro numero sterminato compensi in gran parte la tenuità della loro influenza calorifica, dipendente dalla loro immensa distanza; e che perciò i loro effetti calorifici sulle regioni dello spazio che la terra percorre nel suo corso annuo, lungi dal riescire insensibile, siano di ben poco inferiori a quelli del sole medesimo.

Riterremo dunque che la perdita di calore che la terra soffre per l'irradiazione, sia riparata dal calore che riceve da queste due sorgenti: il sole e l'universo stellare; e ci resterà ad indagare quale sia l'effettiva quantità di calore così somministrato alla terra, ed in qual proporzione vi concorra ciascuna delle due sorgenti.

## XLVIII.

Il signor Pouillet instituì un'accurata serie di sperimenti, che fu chiusa nel 1838, allo scopo di ottenere una misura dell'effettivo po-

tere calorifico del sole, con mezzi che fossero affatto indipendenti da qualunque ipotesi sul carattere fisico di quel luminare. Nel reso conto dell'Accademia delle Scienze di Parigi per quell'anno, appare una relazione dettagliata di quelle osservazioni e sperienze, ed un'analisi elaborata dei risultati che ne derivarono.

Il carattere elementare ed i necessari limiti di questo lavoro, non ci permettono di entrare in dettagli su quelle ricerche. Ci restringeremo quindi, ad indicarne sommariamente i risultati.

Quando il firmamento è affatto sgombro di nuvole, l'atmosfera assorbe circa un quarto del calore dei raggi solari che l'incontrano verticalmente. I raggi che vi penetrano obliquamente sono assorbiti in una maggiore proporzione, la quale poi cresce, secondo una certa legge conosciuta, coll'aumentare dell'obliquità. Dall'analisi dei risultati ottenuti colle ricerche del signor Pouillet, appare che l'atmosfera assorba circa il quaranta per cento del calore trasmesso dal sole alla terra, per cui non ne giunge alla superficie della terra che circa il sessanta per cento. Si osservi però che una parte del calore radiante, intercettato dall'atmosfera, innalzando la temperatura dell'aria, vien poi trasmesso dall'atmosfera alla terra, sia per irradiazione sia per contatto.

Per mezzo dell'osservazione diretta e di sperienze istituite con strumenti di sua invenzione denominati *péreliometri*, dove si faceva agire il calore irradiato dal sole sopra un dato peso d'acqua ad una temperatura conosciuta, il signor Pouillet misurò l'effettiva quantità di calore che viene impartita in un minuto ad una superficie di grandezza data dai raggi solari che vi cadono verticalmente. Ciò fatto, riesciva agevole di calcolare la quantità di calore impartita in un minuto dal sole all'emisfero terrestre rivolto ad esso perchè, questa quantità non è altro che quella che verrebbe impartita alla superficie del circolo massimo, base di quell'emisfero, se i raggi solari vi cadessero perpendicolarmente.

## XLIX.

Si è trovato in questa maniera, che se la quantità totale di calore che la terra riceve dal sole in un anno venisse diffusa uniformemente su tutte le parti della superficie e venisse unicamente impiegata a fondere uno strato di ghiaccio che incrostasse il globo, esso basterebbe a liquefare quello strato fino ad una profondità di 30 metri.

Un metro cubo di ghiaccio pesa circa 870 chilogrammi, per cui

in media la quantità di calore che la terra riceve dal sole in un anno per metro quadrato, sarebbe capace di fondere 27,000 chilogrammi di ghiaccio.

Questo risultato ci offre il mezzo di calcolare la quantità di calore emessa dalla superficie del sole indipendentemeute da qualunque ipotesi sulla sua costituzione fisica.

Dall'uniformità degli effetti calorifici prodotti sulla terra dai raggi del sole, mentre esso gira sul suo asse volgendosi successivamente al globo da tutti i lati nel termine di circa venticinque giorni, riesce evidente che il calore emana colla stessa intensità da tutte le parti della sua superficie. Ammesso ciò, ne consegue che il calore che riceverebbe dal sole una sfera concentrica ad esso e di raggio eguale alla distanza della terra, sarebbe tanto maggiore della quantità ricevuta da questa di quanto l'intera superficie della detta sfera sarebbe maggiore della parte che ne è occupata dalla terra. Il calcolo si riduce ad un facile problema di geometria elementare.

Ora quella superficie sferica concentrica al sole, riceverebbe necessariamente tutto il calore irradiato da questo luminare, ed i risultati del calcolo mostrano che la quantità di calore emessa dal sole in un minuto è tale che basterebbe a fondere una crosta di ghiaccio che inviluppasse il sole ed avesse uno spessore di undici metri ed ottanta centimetri, e che il calore emesso in un giorno, scioglierebbe una simile crosta dello spessore di 17003 metri o di 17 chilometri.

## L.

I forni fusori più potenti non danno a parità di superficie che una settima parte di questo calore. Per cui se ne può conchiudere che ogni metro quadrato della superficie del sole manda un calore circa sette volte più intenso di quello che esce da un metro quadrato del forno fusorio più ardente.

## LI.

Quando il cielo è sereno, l'irradiazione produce, durante la notte, alla superficie della terra, uno scambio di calore. Il globo irradia parte del calore che l'ha penetrato e riceve in cambio il calore irradiato da due sorgenti: 1° dagli strati atmosferici che si stendono dalla superficie del suolo ai limiti dell'atmosfera, e 2° dagli spazi celesti che giacciono oltre questi limiti e che ricevono calore dall'irradiazione degli innumerevoli soli che compongono l'universo stel-

lare. Il signor Pouillet, con una serie di osservazioni e di sperienze sagacemente condotte ed eseguite con uno strumento di sua invenzione, denominato *attinometro,* riescì a calcolare approssimativamente la misura del calore che la terra riceve da ciascuna di queste sorgenti, ed a determinare così l'attuale temperatura delle regioni dello spazio in cui si muovono la terra ed i pianeti. Lo scopo ed i limiti del nostro lavoro non ci consentono di entrare in dettagli su queste ricerche, epperò dobbiamo restringerci per ora all'esposizione dei loro risultati.

Da quelle osservazioni risulta che la temperatura dello spazio è compresa fra il limite minore di 175°, ed il maggiore di 115° C sotto la temperatura del ghiaccio che si fonde. Quale poi sia fra questi due limiti la vera temperatura dello spazio, non è stato ancora abbastanza accertato, ma il signor Pouillet ritiene che non differisca molto da — 142° C.

## LII.

Questi risultati provano che la quantità di calore impartita alla terra in un anno per l'irradiazione degli spazi celesti basterebbe a liquefare una crosta di ghiaccio che rivestisse tutta la superficie terrestre ed avesse lo spessore di 26 metri e che il quaranta per cento di questa quantità viene assorbita dall'atmosfera.

Così, la quantità complessiva di calore che la terra riceve in un anno è tale che varrebbe a fondere uno strato sferico di ghiaccio dell'altezza di 56 metri, 30 per il calore emesso dal sole e 26 per quello emanato dall'universo stellare.

Il fatto che gli spazi celesti somministrano alla terra in un anno una quantità di calore ben poco minore di quella del sole, può sembrare strano, ove si consideri la bassissima temperatura di questi spazi che è inferiore di 100° C, al freddo del polo durante la presenza del sole. Non si deve per altro dimenticare che, mentre lo spazio da cui emana l'irradiazione solare, non è che la parte del firmamento occupata dal disco del sole, quella da cui proviene l'irradiazione celeste è l'intera sfera celeste, la cui area è circa cinque milioni di volte maggiore del disco solare. Cesserà allora ogni sorpresa che l'effetto collettivo d'un'area tanto estesa sia di poco inferiore a quello del sole.

L'effetto calorifico dell'irradiazione solare come risulta dai calcoli e dalle osservazioni del signor Pouillet, eccede quello che sarebbe risultato dalle formole di Poisson. Queste formole vennero dedotte

dalla considerazione delle variazioni della temperatura negli strati terrestri a differenti profondità sotto la superficie. Il signor Pouillet ritiene che si potrebbero porre in accordo i risultati ottenuti coi due metodi se si potesse introdurre in maniera più diretta nelle formole di Poisson l'influenza dell'atmosfera sul calore solare, la quale, come appare da ciò che si è esposto, è assai riguardevole.

## LIII.

Le ricerche di Pouillet in somma, condussero ai seguenti risultati che si vogliono ricevere come semplici approssimazioni da correggersi mediante osservazioni future:

1° Che il sole fornisce annualmente alla terra tanto calore che basterebbe a fondere una crosta di ghiaccio alta 30 metri che ne cingesse tutta la superficie.

2° Che gli spazi celesti d' altra parte ne somministrano tanto da liquefare un simile strato alto 26 metri.

3° Che delle quantità di calore somministrate dal primo e dai secondi, il quaranta per cento viene assorbito dall'atmosfera e solo il sessanta per cento ricevuto dal globo.

4° Che, del calore irradiato dalla terra, il novanta per cento è intercettato dall'atmosfera, ed il dieci per cento disperso negli spazi.

5° Che il calore svolto in un giorno alla superficie del sole basterebbe a liquefare una crosta di ghiaccio alta 17 chilometri che ricoprisse il sole, e che l' intensità del foco solare è sette volte più maggiore di quello dei più ardenti forni fusori.

6° Che la temperatura dello spazio esterno all' atmosfera terrestre è 142° sotto quella del ghiaccio in fusione.

7° Che il solo calore solare non forma che due terzi della quantità di calore somministrato alla terra per riparare le perdite di calore causate dalla sua irradiazione e che senza il calore dovuto all'irradiazione delle stelle, la temperatura del globo scenderebbe ad un punto incompatibile colla vita degli esseri organizzati.

## LIV.

Non v'è fenomeno metereologico che sia stato esaminato da un maggior numero di osservatori, e la cui teoria sia così poco intesa, come quello dei venti. L'arte della navigazione fa di ciascun marinajo un osservatore profondamente interessato alla scoperta delle leggi che reggono questa classe di fenomeni, giacchè dalle loro cognizioni

dipende non solo il successo della sua professione, ma la sua sicurezza personale e le vite e le proprietà affidate al suo carico.

Malgrado ciò, la maggior parte delle notizie che si raccolsero sulle cause che producono le correnti atmosferiche, è derivata molto più dal confronto dei registri degli osservatori che non dalla sperienza pratica degli uomini di mare.

## LV.

I venti si propagano tanto per *compressione* che per *rarefazione*. Nel primo caso si sviluppano in quella stessa direzione in cui spirano; nel secondo si sviluppano in direzione contraria. Per ben capire la cosa, s'immagini una colonna d'aria chiusa in un tubo. Se, introdotto uno stantuffo ad uno dei capi del tubo, lo si spingerà dalla bocca verso l'interno, l'aria contigua ad esso si comprimerà; e questa porzione d'aria comprimerà la porzione successiva e così di mano in mano la compressione si propagherà dall'estremo dove fu introdotto lo stantuffo verso l'altra estremità. Se l'altro capo sarà aperto, l'aria sfuggirà in una corrente mossa dinanzi allo stantuffo nella stessa direzione secondo cui si propaga la compressione.

Se si imagina invece che uno stantuffo introdotto nel tubo fino ad una certa distanza dalla bocca, venga ritirato verso di questa, l'aria dietro ad esso si espanderà nello spazio da lui abbandonato e si produrrà una rarefazione momentanea. La porzione d'aria successiva seguirà similmente quella a contatto dello stantuffo e la rarefazione cominciata allo stantuffo si propagherà all' indietro nel tubo in direzione contraria al moto dello stantuffo ad alla corrente d'aria che lo segue.

Ciò che ora abbiamo supposto che avvenga in un tubo si verifica in una scala più grande nell'atmosfera. Qualunque causa fisica che produce una compressione dell'atmosfera da nord a sud genera un vento da nord; e quella che produce una rarefazione da nord a sud dà origine ad un vento da sud.

## LVI.

Di tutte le cause che producono i venti, la più frequente è la repentina condensazione del vapore sospeso nell' atmosfera. In generale, l' atmosfera che ci sovrasta si compone di una mescolanza di aria propriamente detta e di acqua, sià allo stato di vapore, sia allo stato vescicolare del quale ultimo stato la natura e l'origine non è an-

cora ben conosciuta. In ambo i casi la subitanea condensazione del vapore allo stato liquido, e il conseguente suo precipitare a terra, lascia un vuoto nello spazio ch'esso occupava nell'atmosfera e ne segue una rarefazione corrispondente dell'aria che prima era meschiata col vapore. Gli strati adiacenti vi si precipitano immediatamente a ristabilire l'equilibrio di pressione pneumatica, e così si producono i venti.

La propagazione dei venti di rarefazione che si manifesta in direzione contraria a quella in cui soffiano i venti, è comune nel Nord dell'Europa. Wargentin ne cita vari esempi. Egli osserva che quando si alza un vento da occidente, lo si sente a Mosca prima che arrivi ad Abo, sebbene questa seconda città sia di quattrocento leghe ad ovest di Mosca, e non giunge la Svezia che dopo avere oltrepassata la Finlandia.

## LVII.

Le regioni intertropicali sono il teatro degli uragani. Ivi soltanto queste commozioni atmosferiche si spiegano in tutto il loro terribile aspetto. Nelle zone temperate le tempeste sono non soltanto meno frequenti ma eziandio molto meno violenti. Nella zona circumpolare i venti acquistano di rado la forza che può giustificare la qualifica di tempesta.

Gli uragani dei climi caldi si spiegano sopra tratti di considerevole larghezza e si stendono a lunghezze anche più riguardevoli. Si ha memoria di alcuni che hanno trascorso distanze di quattro a cinquecento leghe con violenza quasi uniforme.

Basta il racconto degli effetti causati da queste grandi commozioni dell'oceano atmosferico, a darci un'idea della forza che può imprimere all'aria una grande velocità malgrado la tenuità e la leggerezza di questo fluido. Negli uragani che ebbero luogo il 25 luglio 1825 alla Guadalupa furono abbattute le case più solidamente fabbricate. Un edificio nuovo, eretto colla massima stabilità dal governo, venne spianato al suolo. Le tegole svelte dai tetti vennero cacciate contro grosse porte con tale violenza che le trapassarono a guisa di palle da cannone. Una tavola di legno lunga un metro, larga 22 centimetri e grossa 25 millimetri fu scagliata con tale impeto da tagliare netto un ramo di palma del diametro di 44 centimetri. Una trave di legno lunga quattro metri e mezzo e della sezione trasversale di mezzo decimetro quadrato fu projettata sopra una strada fortemente lastricata e vi si seppellì ad una profondità di più di un metro. Una

robusta porta di ferro sulla fronte del palazzo del governatore fu strappata e tre cannoni da ventiquattro piantati sul forte furono smontati.

## LVIII.

Tutti questi effetti così prodigiosi, derivano da cause meccaniche. Non v'è altro agente impegnato negli uragani che la forza meccanica dell'aria in movimento, e siccome il peso e la densità dell'aria non subiscono importanti variazioni, il gran momento manifestato dagli effetti suddescritti, deve attribuirsi interamente alla straordinaria velocità eccitata nell'aria dalla grandezza del vuoto locale che si forma, come si è già detto, per la subitanea condensazione del vapore. Per formarsi un' idea almeno approssimata di questo vuoto, si osservi che nelle regioni intertropicali, cade spesso la pioggia sopra un'immensa estensione di superficie ed in quantità sufficiente a coprirla di uno strato d'acqua alto più di 3 centimetri. Supponiamo che la pioggia cada sopra un' estensione di 150 chilometri quadrati, come spesso avviene; il vapore dalla cui condensazione è formata quella quantità di liquido, alla temperatura di soli 10° C. deve occupare un volume 100,000 volte maggiore del liquido e deve quindi riempire nell' atmosfera soprastante a quei 150 chilometri quadrati uno spazio dell'altezza di 3 chilometri. Perciò la grandezza del vuoto operatosi alla sua condensazione deve corrispondere ad un volume di 450 chilometri cubici, ossia al volume d'una colonna della base di un chilometro quadrato, alta 450 chilometri.

## LIX.

I fenomeni cui si dà il nome di tromba di mare e di terra, secondo che si manifestano in mare od in terra, sembrano consistere in dense masse di vapore acqueo e di aria, animate simultaneamente da un movimento rotatorio e da un movimento progressivo, e di forma somigliante ad una nube conica di cui generalmente la base è volta all'insù ed il vertice si appoggia al suolo, sebbene talvolta assumano la posizione rovescia. Il fenomeno è accompagnato da un suono simile a quello prodotto da un carro che scorre sopra un terreno sassoso.

Queste meteore producono alle volte violenti effetti meccanici. Grandi alberi strappati dalle radici, spogliati delle foglie, e presentanti tutti i caratteri d'una pianta colpita dal fulmine, vengono scagliati a grandi distanze. Le cascine sono spesso abbattute o scoperte di tetto, od altrimenti danneggiate e rovinate quando si trovino sul cammino

della meteora. Essa è accompagnata da pioggia, grandine e spesso da globi di fuoco, somiglianti a quelli che sono una delle forme del fulmine.

La figura 1 mostra le varie forme presentate dalle trombe marine. Non si ha finora una teoria soddisfacente che mostri la dipendenza di questi fenomeni dalle leggi generali della fisica.

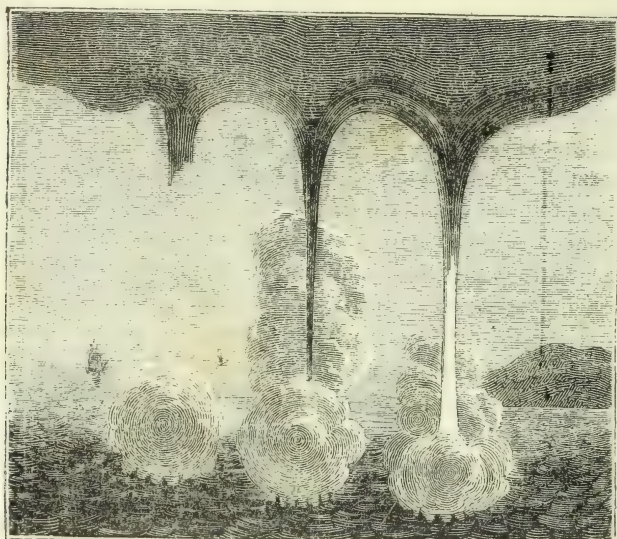



Fig. 1.

## LX.

S'immagini che la superficie di un mare, di un lago o di altra grande raccolta d'acqua, si trovi esposta ad un'atmosfera formata di pura aria senza mescolanza di vapore: comincierà tosto l'evaporazione ed il vapore svolto alla superficie del liquido ascenderà e si mischierà coll'aria. Allora la pressione atmosferica diverrà eguale alla somma delle pressioni dell'atmosfera propriamente detta, e del vapore che vi sarà sospeso, giacchè nè l'uno nè l'altro di questi fluidi elastici non può nè crescere, nè diminuire la pressione dell'altro.

Il vapore sorto dalla superficie dell'acqua e mescolato coll'atmosfera, acquisterà una temperatura comune con essa. Perciò, ricevendo dall'aria con cui mescola, più o meno di calore, dopo che è già passato allo stato di vapore, sarà *vapore soprariscaldato.* Avrà, cioè, una temperatura superiore a quella che corrisponde alla sua densità, o, ciò che torna lo stesso, avrà una densità minore di quella

che corrisponde alla sua temperatura. La temperatura del vapore potrà quindi abbassarsi fino ad un certo segno, senza che ne avvenga la condensazione.

## LXI.

Se la stessa atmosfera continuerà ad essere sospesa sulla superficie dell' acqua, seguitando il processo dell' evaporazione, la quantità di vapore che sorge a mescolarsi coll'aria andrà crescendo fino a raggiungere la massima densità compatibile colla sua temperatura. Cessa allora l'evaporazione e l'aria si dice *satura* di vapore.

Se in tal caso la temperatura dell'aria si eleva, l'evaporazione ricomincia e continua fintantochè il vapore abbia acquistata la massima densità compatibile colla nuova temperatura, e poi cesserà e l'aria sarà, come dianzi, *satura*.

Ma se invece la temperatura s'abbassa il vapore avendo alla nuova temperatura un massimo di densità inferiore a quello che corrispondeva alla temperatura precedente più elevata, una parte del medesimo si condenserà e la condensazione seguiterà finchè la densità del vapore sospeso nell'aria sarà ridotta al massimo valore compatibile colla sua diminuita temperatura.

Un fluido leggiero e mobile come l'atmosfera non può restare a lungo in quiete e la colonna d'aria che appoggia sulla superficie di qualunque raccolta d'acqua, estesa quanto si voglia, è soggetta a cambiarsi frequentemente. In generale, dunque, innanzi che quella porzione d'atmosfera sia saturata dall'evaporazione, sarà rimossa e rimpiazzata da un'altra porzione. Avverrà quindi assai di rado che l'atmosfera sia saturata per effetto immediato dell' evaporazione.

## LXII.

Se non che giunge spesso allo stato di saturazione sia per un abbassamento di temperatura sia per il mescolarsi di strati d' aria a differenti temperature e diversamente carichi di vapore. Così se dell'aria che si trova al dissotto del punto di saturazione, subisce una perdita di calore, la sua temperatura può discendere fino a quel punto che è il più alto compatibilmente della densità del vapore che vi è sospeso. Allora quell'aria diverrà satura, non perchè riceva un aumento di vapore, ma perchè perde quel calore, da cui il vapore che contiene era prima *soprariscaldato*.

Se due strati d' aria a differente temperatura e carichi entrambi di vapore sotto il punto di saturazione si mischiano assieme, il più caldo cede parte del suo calore all' altro, e ne risulta in entrambi una temperatura intermedia.

Anche il vapore di cui erano carichi l'uno e l'altro si mescolerà ed assumerà la temperatura comune. Ora, in un simile caso, può succedere che la temperatura comune a cui si riduce l' intera massa dopo il rimescolamento, sia eguale o minore della massima temperatura compatibile colla densità del vapore delle masse d'aria mescolate. Se è eguale a questa temperatura, la massa d'aria dopo il rimescolamento sarà *satura,* mentre prima gli strati erano sotto il punto di saturazione, e se è minore, dovrà avvenire la condensazione fintantochè la densità del vapore sospeso nella miscela sarà ridotto alla massima densità compatibile colla temperatura.

Si potrebbe credere che l'aria ed il vapore essendosi semplicemente frammischiati senza combinarsi chimicamente, debbano disporsi in due strati separati cosicchè il più leggiero galleggi sull'altro, in quel modo che avviene dell'olio coll'acqua. Ma questa legge statica che è sempre vera per i liquidi, nel caso dei fluidi elastici soggiace ad eccezioni importanti. I fluidi di questa classe hanno una tendenza particolare a mescolarsi ed a diffondersi l'uno entro e traverso l'altro, in opposizione alle loro gravità specifiche. Così, se uno strato d'idrogeno, che è il gas più leggiero, riposa sopra uno strato d'acido carbonico, che è il gas più pesante, i due gas a poco a poco si mischiano, una parte dell'idrogeno discende entro l'acido carbonico ed una parte di questo s'innalza entro il primo, seguitando la cosa finchè la mistura sia resa perfettamente uniforme, cioè contenga dovunque i due gas nella proporzione delle loro intere quantità.

La stessa cosa si verifica nel caso dei vapori mescolati coi gas ed in questo modo si spiega perchè il vapore acqueo sospeso nell'aria ed alla stessa temperatura, sebbene a parità di volume ne sia sempre più leggiero, non salga agli strati più alti dell'atmosfera, ma vi si diffonda uniformemente.

## LXIII.

Si può dire in generale che l'effetto d'una colonna d'aria sovrincumbente all'acqua è di rallentarne, ma non già di impedirne o di diminuirne l'evaporazione. Si svolge cioè la stessa quantità di vapore che si svolgerebbe a quella temperatura se l'aria non sovrastasse all'acqua; ma, mentre in questo caso tutto il vapore si sviluperebbe istantaneamente, in presenza dell'aria invece si produce a poco a poco o non giunge a totalità che dopo un certo tempo. Però la quantità di vapore sviluppata, la sua densità e la sua forza espansiva sono esattamente le stesse, tanto se lo spazio in cui si diffonde è vuoto, quanto se è pieno d'aria, nulla importando nemmeno la densità di

quest'aria. Insomma le proprietà dell'aria non modificano quelle del vapore che vi è diffuso e non ne sono modificate.

A parità di temperatura e di pressione, la densità del vapore è minore di quella dell'aria nella ragione di 5 ad 8, dal che segue che l'aria, caricandosi di vapore a temperatura eguale alla propria, cresce di volume, ma perde in densità. Se un dato volume d'aria pesa 8 grammi, un egual volume di vapore ne peserà 5, ed i due volumi mescolati assieme peseranno 13 grammi, e così un volume del miscuglio eguale ad uno dei precedenti non peserà che 6 grammi e mezzo: in questo caso, dunque, la densità dell'aria carica di vapore risulterà minore di quella dell'aria secca ad eguale temperatura nel rapporto di 6 e $^1/_2$ ad 8.

## LXIV.

L'evaporazione che il calor solare attiva durante il giorno alla superficie delle acque e di tutti i corpi imbevuti di umidità, fa sì che al tramonto, l'atmosfera sia sempre più o meno pregna d'umidità, specialmente d'estate. Nei giorni più caldi, e non ventilati, l'atmosfera al tramonto è di solito satura o vicina al punto di saturazione.

Immediatamente dopo il tramonto la temperatura dell'aria si abbassa. Se quindi essa era allo stato di saturazione, dovrà seguirne la condensazione, la quale sarà considerevole se sarà stato grande tanto il caldo nel giorno che il successivo cambiamento di temperatura dopo il tramonto. In tal caso, il vapore condensato assume spesso l'apparenza di una fina pioggia o nebbia, e prende la forma liquida prima che si deponga effettivamente sulla superficie.

La deposizione della rugiada però avviene anche allorquando l'atmosfera non sia ridotta al punto di saturazione. Quando il firmamento è sereno dopo il tramonto, tutti gli oggetti che irradiano meglio il calorico, fra cui primeggiano le foglie ed i fiori dei vegetabili, perdono in causa dell' irradiazione il calore che avevano ricevuto innanzi al tramonto, senza che il firmamento somministri loro il calore sufficiente a riparare la perdita. Perciò la temperatura di simili oggetti deve scendere dissotto a quella dell'aria, su cui essi producono un effetto somigliantissimo a quello che produce una tazza d'acqua assai fredda in un'atmosfera calda ed umida. L'aria contigua ad essi, riducendosi al loro contatto al punto di rugiada, una parte del vapore che essa contiene si condensa e si raccoglie su di essi in forma di rugiada.

Da questo ragionamento consegue, che la rugiada prodotta da un abbassamento di temperatura dell'aria sotto al punto di saturazione,

deve deporsi egualmente ed indifferentemente sulle superficie di tutti gli oggetti esposti a cielo scoperto, mentre quella che è prodotta dall'abbassamento di temperatura degli oggetti che irradiano liberamente, non deve deporsi che alla superficie di quelli dotati di maggior potere emissivo. Gli scrittori di fisica classificano quindi queste due deposizioni come fenomeni differenti, e danno alla prima il nome di *sereno* ed alla seconda quello di *rugiada.*

La rugiada non si depone nè anche sui corpi di miglior facoltà emissiva, quando il cielo è annuvolato. Perche, sebbene il calore sia irradiato dagli oggetti che si trovano alla superficie della terra con non minore abbondanza di quando il cielo è sereno, pure le nubi che hanno anch'esse molto potere emissivo, rimandano il calore, e questo venendo assorbito dagli oggetti sulla terra, compensa la perdita che essi soffrono per l'irradiazione ed impedisce che la loro temperatura scenda di tanto sotto quella dell'aria da produrre la condensazione del vapore che si trova a contatto con essi.

Anche i venti impediscono il deporsi della rugiada perchè trasportano via l'aria dal contatto della superfice degli oggetti freddi prima che la condensazione abbia tempo di effettuarsi. Frattanto al contatto delle porzioni d'aria che si succedono, quegli oggetti riacquistano la loro temperatura.

In generale dunque, le condizioni necessarie alla deposizione della rugiada sono: 1° una giornata calda che carichi l'aria di vapore; 2° il cielo sgombro di nuvole; 3° un'atmosfera calma e 4° che gli oggetti esposti ad essa abbiano molta facoltà emissiva del calore.

Nelle strette e coperte contrade delle città si osserva ben di rado deporsi la rugiada, perchè quivi gli oggetti sono esposti necessariamente all'influenza l'uno dell'altro, e per l'irradiazione avviene uno scambio di calore che ne mantiene la temperatura; e per di più, gli oggetti che vi si trovano non hanno un potere emissivo pari a quello delle foglie e dei fiori dei vegetabili.

## LXV.

Quando il freddo dopo la condensazione, giunge al disotto dei 0.° C, ciò che altrimenti sarebbe *rugiada* diventa *brina.* Per la stessa ragione per cui la rugiada si depone quando la temperatura dell'aria è superiore al punto di saturazione, la brina si può manifestare quando la stessa temperatura è più alta di parecchi gradi del punto di congelazione; perchè in questo caso, come in quello della rugiada, gli oggetti su cui si raccoglie la brina, perdono in causa della forte irradiazione tanto calore che la loro temperatura può discen-

dere al disotto di $0^{o}$ mentre quella dell'aria è sopra $4^{o}$. Allora si depone su di essi dapprima una rugiada la quale congela ben tosto e forma gli aghi ed i cristalli notissimi a tutti gli osservatori.

La prima si forma scarsamente o manca affatto sul nudo terreno, sulle pietre e sui legni, mentre si raccoglie in abbondanza sulle frasche e sui fiori. Questi ultimi oggetti hanno un grande potere emissivo, ed i primi l' hanno debole.

Il vetro ha molta facoltà emissiva. Le vetriate d'una finestra scendono nella notte ad una temperatura al disotto di $0^{o}$, sebbene l'aria della stanza si trovi ad una temperatura molto più elevata. Alla loro superficie interna si produce quindi la condensazione ed una copiosa deposizione di umidità che presto gela e forma quei fiorami di ghiaccio che tutti conoscono.

Le brine di primavera e d'autunno, spesso così fatali alle raccolte dell'agricoltore e del giardiniere, derivano solitamente non dal congelarsi dell'umidità deposta dall'atmosfera, ma dal congelarsi dell'umidità propria dei vegetabili per l'abbassamento della loro temperatura prodotta dall'irradiazione notturna la quale in altri casi produce la rugiada o la brina. I teneri germogli delle foglie e dei fiori in primavera ed i grani ed i frutti in autunno, venendo ridotti dall'irradiazione al disotto di $0^{o}$, mentre l'atmosfera ha una temperatura di parecchi gradi più alta, l'acqua che forma parte della loro composizione si congela producendone il guasto.

Questi principii, che spiegano la causa del male, ne suggeriscono anche il rimedio. Basta coprire gli oggetti esposti a cielo sereno con stuoje, con veli od in qualche altra maniera.

## LXVI.

Nei climi tropicali il principio dell'irradiazione notturna ha fornito il mezzo di produrre artificialmente il ghiaccio. Questo processo, che è attuato su di una scala riguardevole al Bengala, dove in parecchi stabilimenti parecchie centinaia di persone lavorano a questo scopo, consiste nel porre l'acqua in vasi poco profondi di terra non verniciata in tale situazione che sia esposta al cielo sereno e difesa dalle correnti d'aria. L'evaporazione è promossa dalla porosità dei recipienti che s'impregnano d'acqua, e l'irradiazione ha luogo in pari tempo dall'acqua e dai vasi. Entrambe queste cause cospirano ad abbassare la temperatura dell'acqua, la quale congela quando viene ridotta al di sotto di $0^{o}$.

## LXVII.

Quando il vapore che sorge dalla superficie dell'acqua calda sale nell'aria che si trova ad una temperatura più bassa, esso si condensa

ma le particelle d'acqua che si formano in questa condensazione sono così piccole che nuotano nell'aria non altrimenti che le minime particelle d'una polvere d'estrema finezza. Queste particelle perdono la loro trasparenza in causa della loro piccolezza, in conformità ad una legge generale di ottica. Il vapore acqueo è trasparente ed incolòro. Non è che quando perde il carattere e le qualità di vero vapore, che acquista l'aspetto nuvoloso e semiopaco che abbiamo indicato.

Le nebbie non consistono in altro che in vapori condensati che si producono alla superficie del mare, dei laghi o dei fiumi quando l'acqua ha una temperatura inferiore a quella dello strato d'aria che poggia su di essa. Le nebbie sono più dense e frequenti, quando l'aria oltre ad essere più fredda dell'acqua, è già satura di vapore, perchè allora tutto il vapore che si svolge deve condensarsi immediatamente, laddove se non è satura, assorbe più o meno del vapore che sorge dall'acqua.

Le nubi non sono altro che nebbie sospese negli strati più elevati dell'atmosfera. Le nubi sono prodotte per lo più dal mescolarsi di due strati d'aria a differente temperatura e diversamente carichi di vapore, cosicchè la mistura riesce soprasatura e deve quindi avvenire una condensazione parziale come si è già detto.

## LXVIII.

Quando la condensazione del vapore avviene negli strati superiori dell'atmosfera si forma sulle prime una specie di nebbia dopo di che le particelle acquee agglomerandosi in virtù dell'attrazione in piccole sferette, queste per il loro peso cadono a terra, producendo il fenomeno della pioggia.

## LXIX.

La quantità di pioggia che cade in un dato luogo, entro un dato tempo, si suol esprimere indicando l'altezza dello strato che avrebbe formato su di un piano orizzontale in cui non fosse minimamente penetrata.

A Parigi, la quantità media di pioggia che cade in un anno, secondo risulta dalle osservazioni continuate all'Osservatorio per trent'anni, è di 59 centimetri (1). Vi è però molta varietà nella quantità da cui fu dedotta questa media: la minima quantità osservata è di 42 centimetri e la massima di 70 centimetri.

La massima quantità annua di pioggia è quella osservata a Maranham, latitudine $2^{o}\frac{1}{2}$ S., che secondo Humboldt ascende a metri 6.925.

(1) Per Milano è di $0^{m}$. 965.

cioè a più del doppio della quantità annua di pioggia finora osservata in tutti gli altri luoghi.

## LXX.

Non si conoscono le condizioni fisiche che determinano la formazione della neve. Non si sa se i fiocchi siano prodotti immediatamente nella forma in cui cadono dalla congelazione del vapore condensato nella nube da cui scendono, o se essendo sulle prime di minime particelle di vapore gelato si uniscano ad altre particelle gelate nel cadere traverso i successivi strati d'aria ed acquistino così da ultimo la grandezza che hanno quando giungono al suolo.

Le sole osservazioni esatte che siano state eseguite sulla neve si riferiscono alle figure dei cristalli che la compongono, che il capitano Scoresby ha osservato con molta diligenza nei suoi « *Viaggi polari* » e di cui ha dato i disegni. I fiocchi sembrano formati di finissimi aghi, aggruppati con singolare simmetria. Alcune di queste figure rimarchevoli sono presentate dalla fig. 2.

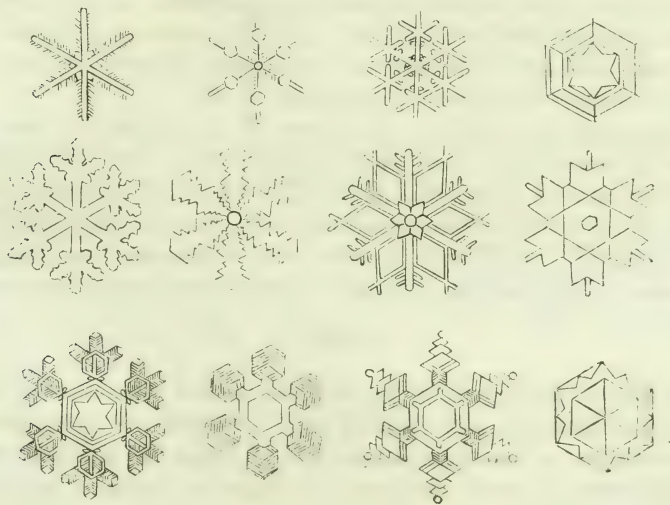



Fig. 2.

## LXXI.

Sono incerte le cause fisiche della grandine, terribile flagello dell'agricoltura. Si sono proposte per spiegarla delle ipotesi più o meno plausibili ma che non presentano le condizioni necessarie per poterle riguardare come cause fisiche.

## LXXII.

In mancanza d'una spiegazione soddisfacente del fenomeno, importa che si determinino con precisione e certezza le circostanze che l'accompagnano, e le condizioni in cui si produce.

Si può quindi in primo luogo, ritenere per certo che la formazione della grandine sia un effetto d'una repentina scarica elettrica fra nubi cariche di vapore; giacchè non si dà esempio di grandine che non sia stata preceduta od accompagnata da tuoni e baleni.

Prima della caduta della grandine, per un intervallo più o meno lungo, ma che alle volte dura parecchi minuti, si ode di solito nell'aria un rumore paragonabile a quello che si produce scuotendo fortemente un sacco di noci.

La grandine cade più spesso di giorno che di notte. Le nubi della grandine hanno generalmente grande estensione e grande spessore, come lo dimostra l'oscurità che producono. Si osserva che hanno pure un colore particolare, un grigio che talora volge al rosso. Anche le loro forme sono affatto particolari, presentando enormi protuberanze alle superficie inferiori, ed i margini incavati e lacerati.

Queste nubi spesso trovansi a piccolissime altezze. Gli osservatori sulle montagne ne vedono spesso sotto di sè.

Esaminando la struttura dei grani di gragnuola si vede che hanno al centro un nucleo opaco e molle simile alla neve spugnosa che cade mista alla pioggia. Questo è avvolto da una massa congelata semitrasparente. Qualche volta questa massa si compone di una serie di strati, i quali talvolta sono tutti trasparenti, ma in grado differente, e talaltra sono alternativamente opachi e semitrasparenti.

## LXXIII.

Da periodi dell'antichità più o meno rimoti pervennero fino a noi delle relazioni straordinarie sulla grossezza dei grani di gragnuola caduti in tempeste memorabili al punto da meritare un'annotazione nella storia. Secondo le cronache avvenne un temporale ai tempi di Carlomagno in cui caddero dei grani di grandine lunghi quattro metri e mezzo, larghi due ed altri tre, e sotto il regno di Tippoo Saib si dice che siano caduti dei grani di gragnuola della grossezza d'un elefante. Lasciando da canto questi e simili racconti che hanno piuttosto il carattere favoloso che storico, troviamo abbastanza di che meravigliare nelle osservazioni più autentiche su questo soggetto.

Nel temporale che avvenne nel Flintshire, il 9 aprile 1697, Halley raccolse dei grani di gragnuola che pesavano 150 grammi.

Nel 4 maggio 1697, Roberto Taylor vide cadere dei grani di grandine la cui circonferenza misurava 35 centimetri.

Nella tempesta che desolò Como il 20 agosto 1787, Volta vide dei grani di gragnuola del peso di 280 grammi.

Nel 22 maggio 1822, il Dott. Noggerath vide cadere a Bonn dei grani di gragnuola che pesavano dai 370 ai 400 grammi.

È dunque certo che in varii paesi sono occorsi dei temporali nei quali caddero dei grani di gragnuola che pesavano dai due ai tre decimi di chilogrammo.

Dottor R. Ferrini.

# NOTA DEL TRADUTTORE

*Alla pag. 549, par. LXIV.*

---

La teoria esposta in questo paragrafo è quella dell'inglese Wells che ancora pochi anni sono era adottata comunemente dai fisici. Ma l'illustre Melloni vi notò delle inesattezze e vi introdusse rilevanti modificazioni.

Egli dimostrò che, qualunque sia la temperatura dell'aria, anche sotto il cielo purissimo di Napoli, l'effetto dell'irradiazione calorifica notturna è di raffreddare i corpi di un pajo di gradi centesimali al più, sotto la temperatura dell' aria ambiente: cosicchè, nell'aria a 10° i corpi dotati della maggior facoltà emissiva si raffreddano fino a circa 8°; in quella a 7°, i corpi si raffreddano fino verso i 5°, ecc.

Ciò posto, consideriamo quello strato d'aria che giace a contatto del suolo, ed in cui gli steli e le foglie dell'erbe impediscono od almeno contrastano i movimenti. Supponiamo per fissare le idee, che la temperatura dell' aria sia di 10°. Quell'erbe, che sono dotate di grandissima facoltà emissiva, se le circostanze atmosferiche favoriscono l'irradiazione, si raffredderanno fino verso gli 8°; l'aria impigliata fra loro, verrà anch'essa raffreddata dal loro contatto ed invece di restare a 10°, sarà portata per es. a 9°. Ora, poichè l'effetto dell'irradiazione è di abbassare di circa 2 gradi la temperatura dei corpi sotto quella dell'aria, la temperatura delle erbe non potrà più mantenersi ad 8° ma si ridurrà a 7°; succederà allora un nuovo raffreddamento, per il contatto, nell'aria, che ne provocherà un altro nelle erbe e così di seguito. Ma il terreno somministra per conduttività un po' di calorico alle erbe, e la facoltà emissiva di queste s'indebolisce di mano in mano che si raffreddano, per cui dovrà giungere un istante in cui vi sarà

equilibrio tra la perdita di calorico prodotta dall'irradiazione e la quantità di calorico somministrata dal terreno. Allora cesserà il raffreddamento sì dell'aria che dell'erbe; l'aria sarà più fredda di quella che forma gli strati superiori e l'erba sarà ancora più fredda dell'aria che la circonda; il raffreddamento operato nell'aria potrà portarla al punto di saturazione e così avverrà la deposizione della rugiada sugli steli e sulle foglie che ne sono ancora più fredde.

Come si vede, la differenza fra le teorie di Wells e di Melloni sta in ciò, che nella prima si ammette che i corpi possano per immediato effetto dell'irradiazione notturna raffreddarsi di 8° a 10° più dell'aria ambiente, riducendo così l'aria che ne lambe la superficie al punto di saturazione ed obbligandola a deporvi il vapore, mentre nella teoria di Melloni, dopo avere provato che, nelle condizioni più favorevoli, il freddo prodotto dall'irradiazione non arriva a 2° C, si attribuisce quel raffreddamento di 8° a 10°, alle vicendevoli azioni di cui s'è discorso, fra l'erbe e l'aria che vi si trova impigliata. Che la teoria dell'illustre fisico Italiano, sia più conforme al vero, lo confermano anche le particolarità di cui essa sola può rendere esatta ragione. Così, si spiega benissimo come la rugiada, mentre si depone abbondantissima sugli oggetti prossimi al suolo, non si formi sulle cime degli alberi e in generale sugli oggetti elevati di qualche metro da terra; perchè ivi, appena l'irradiazione avrà abbassata la temperatura delle foglie di un pajo di gradi, riducendola per es. da 10° ad 8°, si raffredderà pel contatto l'aria circostante, ma raffreddandosi si farà più densa e scenderà negli strati inferiori venendo sostituita da altra aria a 10° che manterrà quelle foglie ad 8° cioè ad una temperatura troppo alta per la formazione della rugiada. — Un vento gagliardo, rinnovando di continuo l'aria a contatto dei corpi, per cui questi non potranno raffreddarsi che di un pajo di gradi, impedirà la deposizione della rugiada; ma, se il vento è leggiero, non rinnovando l'aria che di tanto in tanto e lasciandola a contatto coll'erbe tanto che basti perchè si raffreddi e reagisca su loro, favorirà invece il fenomeno, giacchè l'erbe riceveranno così vapore da quella grandissima quantità d'aria che verrà portata successivamente a loro contatto, laddove in tempo calmo non ne avrebbero ricevuto che da quell'aria da cui erano circondate fino da principio.

# I TERREMOTI E I VULCANI

Terremoto di Lisbona. (Da una stampa antica).

**1. Come la scienza consideri i fenomeni.** — Tutti quelli che non hanno studiato profondamente qualche scienza positiva tendono a riferire molti fenomeni comuni a cause locali e accidentali, tengono per essenziali differenze quelle che non hanno alcuna importanza, credono prodotti da agenti speciali e indipendenti molti fenomeni che hanno realmente un origine comune, e chiamano fenomeni accidentali, eccezioni alle leggi generali, scherzi della natura tutti quei fatti di cui non sanno trovare l'origine e le cause. La scienza segue un cammino affatto opposto: per lei non ci sono o non ci devono essere fenomeni accidentali ed eccezionali; che se di molti fatti

non sa trovare la spiegazione, ossia non sa trovare le relazioni che essi devono avere con dei fatti ben conosciuti, essa non li ritiene eccezioni, ma si limita a confessare la sua ignoranza, e si propone di meglio studiare per tentare di scoprire le leggi che regolano quelle apparenti eccezioni.

Prima che l'astronomia fosse giunta al suo attuale grado di perfezione, gli eclissi di sole e di luna erano generalmente temuti come fenomeni straordinarj e sopranaturali, pei quali rimanessero sospese le leggi ordinarie della natura, e come i precursori di terribili calamità pel genere umano. Ora che sono note le leggi che regolano i moti degli astri, e gli eclissi si predicono esattamente, hanno cessato di incuterci terrore, e non si tengono più per fenomeni sopranaturali, eccezionali o accidentali, perchè se ne conoscono con esattezza la periodicità, le epoche, la misura e la durata.

**2. Fenomeni atmosferici, nè incerti nè accidentali**. — Quasi tutti continuano però a chiamare incerti e accidentali i fenomeni atmosferici, come sono i cambiamenti della temperatura, la pioggia, i venti, le tempeste, ecc., e continuano a ritenerli affatto indipendenti da qualunque legge o regola generale, paragonabile a quelle che reggono i moti degli astri, la durata dei giorni, ecc. E pure anch' essi devono avere le loro leggi e le loro regole, così come il sorgere e il tramontare del sole, il sorgere e il tramontare della luna, gli eclissi ecc., e, se non le conosciamo, dobbiamo far di tutto per iscoprirle, così come abbiamo scoperte quelle dei fenomeni astronomici e di molti fenomeni fisici e chimici. Se la scienza meteorologica fosse così avanzata come l'astronomia, noi potremmo conoscere e predire il tempo, la durata e l' intensità d' ogni pioggia, d' ogni vento, d'ogni cangiamento nella temperatura, colla stessa certezza con cui si predicono gli eclissi, i passaggi dei pianeti davanti al sole, il sorgere e il tramontare del sole, il flusso e riflusso del mare.

**3. Agenti fisici sotterranei** — Se le nostre cognizioni riguardo alle leggi che governano i movimenti e gli altri fenomeni dell' oceano aereo che riveste la terra sono così oscure e imperfette, sono ancora più oscure ed imperfette quelle che si riferiscono ai fenomeni sotterranei; e appunto da questa incertezza e imperfezione delle nostre cognizioni, viene l'abitudine di considerare quei fenomeni sotterranei, terremoti, eruzioni vulcaniche, sorgenti di gas infiammabili e di acque calde, ecc., come accidenti locali, prodotti da agenti affatto distinti e indipendenti, e di star fermi in questa opinione ancora più che per i fenomeni atmosferici. L'avere trovato un nesso fra quei diversi fenomeni, l'aumento della temperatura del suolo col crescere

della profondità, la produzione delle catene montuose, e certi movimenti lentissimi che tuttora si osservano in alcuni paesi, è uno dei più bei trionfi della scienza moderna.

**4. Fino a quale profondità possiamo studiare direttamente la struttura della terra.** — Ora ci proponiamo di studiare brevemente questi fenomeni terrestri e d'indagarne le cause; ma per far questo è mestieri sapere dapprima quanto si conosce, per dirette osservazioni o per induzioni, intorno alle condizioni delle parti che stanno sotto quelle componenti il suolo superficiale, e intorno ai cambiamenti a cui andò soggetto il globo nelle epoche antiche.

Quando si considera che l'attuale distanza della superficie del globo dal centro, che è la lunghezza del raggio terrestre, è più di venti milioni di piedi, e che la maggiore profondità a cui possono giungere le nostre osservazioni dirette, sia per mezzo dei pozzi, sia nelle miniere, non eccede i duemila piedi, e che questa profondità è la diecimillesima parte dell'intero raggio, fanno senso questi ristrettissimi limiti, entro i quali sono rinchiuse le osservazioni meno dirette. Una profondità un po' maggiore possiamo raggiungere con osservazioni meno dirette. ma anche meno certe e meno precise, deducendo la natura e lo stato del suolo a quelle profondità dallo stato e dalla natura degli strati di rocce che si affondano sotterra, or più or meno inclinati all' orizzonte, come si è già esposto altrove; e con questi mezzi possiamo venir a conoscere la crosta terrestre fino alla profondità di circa quarantamila piedi, ossia per una cinquecentesima parte dell'intero raggio terrestre. È ancora assai poco, ma è pur qualche cosa, e possiamo trarne profitto per istudiare fino a un certo punto la storia della terra e per ispiegare molti dei fenomeni terrestri attuali.

**5. Calore interno.** — Già in altri trattatelli si è esposto a sufficienza come sia distribuito il calore nell' interno del globo, secondo le osservazioni fatte nelle miniere e nei pozzi artesiani, come a una certa profondità vi sia uno strato colla temperatura costante, e come di là in giù cresca gradatamente il calore, di circa un grado centesimale per ogni ventitre metri di aumento nella profondità.

**6. Parti centrali in fusione.** — Se un tale aumento nel calore interno continuasse sempre così fino alla profondità di quaranta miglia, cioè per un centesimo del raggio terrestre, la temperatura sarebbe già così alta da fondere tutti i corpi che compongono la crosta terrestre, anche quelli più refrattarj ai fuochi dei nostri forni fusorj.

**7. Profondità a cui si trovano le materie in fusio-**

**ne.** — Non si hanno sufficienti dati per esser certi che l'aumento del calore sia realmente com' è detto nel paragrafo precedente, e che la fusione di tutti i materiali sia realmente alla profondità di quaranta miglia; bisogna però ammettere in genere che la temperatura aumenti colla profondità, e che a trenta o quaranta miglia comincino le rocce fuse e incandescenti. Di là fino al centro del globo è probabile che continui lo stato liquido delle rocce, e se anche là hanno luogo le leggi ordinarie dei fluidi, è probabile che la temperatura sia uniforme in tutta la massa delle rocce fuse, chiuse nella crosta solida terrestre.

**8. Spessore della crosta solida terrestre.** — Mettiamo che sia di quaranta miglia la profondità a cui si trovano le materie fuse; questa profondità è una centesima parte del raggio terrestre. Noi possiamo quindi considerare la terra come un guscio sferico solido, tutto pieno da materiali in fusione; e la figura 1 può dare un' idea del rapporto fra lo spessore della crosta solida e il volume

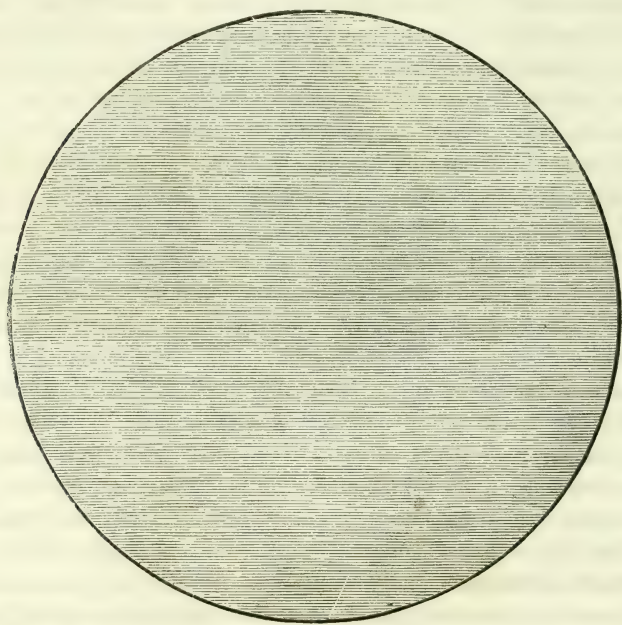



Fig. 1.

della massa fusa, rappresentando la larghezza della linea nera circolare, lo spessore della crosta rispetto al diametro del globo. Se si volesse assumere un uovo di un uccello, d'uno struzzo per esem-

pio, per rappresentare la struttura generale della terra, non lo potrebbe bene, perchè sarebbe troppo lo spessore del suo guscio.

Tenendo conto di queste proporzioni fra la massa fusa e lo spessore della crosta solida, si può quasi considerare il globo come una immensa bomba carica di fuoco liquido, e c'è quasi da stupirsi che, essendo tanta la mobilità dei liquidi, si mantengano nella crosta terrestre quella stabilità e quell'equilibrio che caratterizzano la superficie della terra in modo tale, che in tutti i tempi la si prende per tipo di tutto ciò che v' ha di più solido e di più durevole.

**9. Convulsioni della crosta terrestre.** — La stabilità della crosta terrestre non è però che apparente, manifestandosi molte convulsioni locali, così comuni in certi luoghi, da esservi assuefatte le popolazioni, e in altri luoghi meno frequenti, ma ben conosciute mediante le osservazioni e le descrizioni che se ne hanno. Non passa un anno che non ne avvengano in qualche parte del globo, e non passa un secolo senza che alcuna di queste convulsioni sia stata così forte ed energica, da distruggere qualche città e dar la morte a migliaja e migliaja di uomini. Le eruzioni vulcaniche sono prove permanenti degli agenti sotterranei, che modificano più o meno la superficie. Torrenti di lava e pioggie di cenere rigettate in queste eruzioni coprono le regioni circostanti e talvolta distruggono intere città. Il fondo stesso dell'oceano viene scosso di tanto in tanto per di sotto, sorgono nuove isole e nuovi banchi e scogli. Questi ed altri fenomeni analoghi mostrano che la crosta del globo non è così solida nè immutabile come comunemente si crede.

**10. Antiche convulsioni geologiche**. — Se invece di limitarci a studiare il breve intervallo attuale della vita della terra, caratterizzato dalla esistenza del genere umano e delle specie animali e vegetali ora viventi, estendiamo le nostre ricerche agli scorsi periodi, molto più lunghi e ricchi di fatti, e coi quali ci hanno resi famigliari gli studj dei fisici, degli astronomi e dei geologi, noi troviamo dei monumenti e delle prove certissime di molti fisici cangiamenti prodotti dalle forze eruttive, e prodotti sopra una scala così grande, che al loro confronto diventano insignificanti le più terribili scosse di terremoto e le più forti eruzioni vulcaniche. La pressione della crosta terrestre sulle materie liquide sottostanti e la reazione di queste sulla crosta hanno rotto a più riprese, in diversi luoghi e in diverse direzioni la crosta stessa, e le rocce solide dislocate, insieme colle rocce fuse escite dalle aperture e solidificate alla superficie, hanno dato origine a tutte le catene montuose ed alle altre ineguaglianze della superficie terrestre. Così sono sorte le gigantesche montagne

delle Ande, che formano una continua catena dall'una all'altra estremità del continente americano, e le Alpi e l'Imalaja, che attraversano da levante a ponente il continente antico.

**11. Cause fisiche dei terremoti e dei vulcani.** — Essendosi già altrove trattato abbastanza di questi fenomeni anteriori all'epoca attuale, ora possiamo limitarci a considerare le principali convulsioni che si manifestarono nelle epoche storiche e si manifestano tuttora, e che si devono alla reazione delle parti interne e liquide della terra contro le esterne.

In queste sostanze liquide sottoposte alla crosta terrestre devono potersi produrre delle ondulazioni, come in qualunque altro corpo fluido, come nelle acque del mare. Quando queste ondulazioni del liquido interno non sono abbastanza grandi da rompere la crosta solida sovrastante, perchè questa vi resiste per mezzo della sua tenacità ed elasticità, non vi devono produrre che delle ondulazioni, delle scosse e dei movimenti, simili a quelli che si vedono nei corpi galleggianti mossi dalle onde del mare. Ma quando le ondulazioni del liquido sotterraneo sono più potenti e vincono la tenacità e l'elasticità della crosta solida, rompono questa in uno o più luoghi, sopra una estensione più o meno grande, e possono anche spinger fuori una porzione delle stesse materie fluide, producendo vere eruzioni vulcaniche. In molti casi però la crosta può rompersi soltanto superficialmente, senza aprire un adito alle materie fluide, ed allora si hanno i disastri dei terremoti senza le eruzioni vulcaniche.

Consideriamo dapprima il caso in cui si producono ondulazioni senza alcuna frattura.

**12. Ondulazioni della superficie.** — In questo caso, che la crosta soffra delle ondulazioni senza rompersi, i suoi movimenti e quelli di tutti i corpi che le stanno sopra si possono paragonare a quelli di un bastimento smosso da un sistema di onde. Queste onde, passando successivamente l'una dopo l'altra sotto al bastimento, sempre nella stessa direzione, gli imprimono un moto verticale alternativo, pel quale esso ora s'innalza ed ora s'abbassa, perchè è dapprima sollevato dall'onda che gli passa sotto, e poi, quando l'onda è passata, si trova nello spazio depresso fra quest'onda e quella che le tien dietro. Non è però che l'acqua stessa partecipi a quel moto progressivo delle onde; se così fosse, il bastimento sarebbe portato via dall'acqua colla stessa velocità con cui progrediscono le onde, rimarrebbe quindi sempre sopra un'onda o fra due onde, e non avrebbe punto quel movimento alternativo d'alzarsi ed abbassarsi. L'acqua, come il bastimento, non fa che alzarsi ed abbassarsi

alternativamente, e non progrediscono se non le onde, ossia i luoghi in cui l'acqua s'innalza, e gli spazj depressi intermedj, cioè i luoghi dove l'acqua s'abbassa. — Altrettanto avviene nella crosta terrestre. Se nel liquido sottoposto si forma un'onda e progredisce in una data direzione, solleva successivamente tutte le parti della crosta sotto cui passa, e appena essa è passata oltre, tutte quelle parti ritornano successivamente al loro posto primitivo. Le onde del liquido sotterraneo possono dunque produrre nella crosta solida dei moti verticali, che si propagano alla superficie della terra nello stesso modo e colla stessa velocità che le onde sulla superficie del liquido sotterraneo; e in ciascun punto della suqerficie terrestre quando passa sotto di esso un'onda del liquido sotterraneo si produce un movimento dal basso all'alto eguale all'altezza dell'onda stessa, e poi ritorna tutto al suo posto primitivo.

**13. Altri effetti delle ondulazioni**. — Oltre a questo movimento verticale le ondulazioni ne producono un altro assai importante. Quando un bastimento è fermo nella sua posizione naturale, i suoi ponti riescono orizzontali e gli alberi verticali; or bene, quando arriva un'onda e gli passa sotto, nello stesso tempo che lo solleva, lo fa inclinare da una parte, e quando lo lascia ridiscendere al posto primitivo, lo fa inclinare dalla parte opposta; così che, se l'onda va da sinistra a destra di un osservatore, questi vede gli alberi dapprima inclinarsi a destra, finchè il bastimento s'innalza, farsi verticali quando l'onda è proprio sotto al bastimento e questo è al suo posto più alto, inclinarsi poi a sinistra quando il bastimento si abbassa, e ritornare poi verticale quando tutta l'onda è passata e il bastimento è ridisceso alla sua primitiva posizione.

Il passaggio d'un'onda sotto ad un corpo galleggiante produce dunque due movimenti ben distinti in questo corpo; un movimento verticale dal basso all'alto o dall'alto al basso, ed un movimento d'oscillazione simile a quello d'un pendolo. Questo sarà ancora più facil-

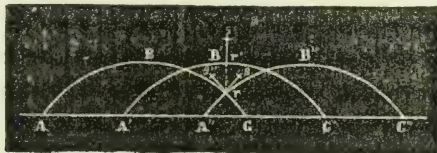



Fig. 2.

mente inteso guardando la figura 2, nella quale sono rappresentate le tre succcssive posizioni dell'onda dai tre archi di cerchio ABC, A'B'C' e A''B''C''. La retta *r s* rappresenta la posizione dell'albero nel

momento che l'onda in ABC comincia a passar sotto al bastimento; quando l'onda è precisamente sotto al bastimento in A'B'C' e questo si trova nel suo posto più elevato, l'albero è rappresentato da *r s'*; quando poi l'onda è passata in A''B''C'', il bastimento si è riabbassato e l'albero si è inclinato a sinistra in *r s''*.

**14. Moti verticali e oscillatorj del suolo.** — Quando sotto ad un corpo galleggiante passano successivamente molte onde, ciascuna di essa vi produce i movimenti finora descritti, così che esso alternativamente si innalza e s'abbassa, e si inclina da una parte e dall'altra, producendo quei moti che si chiamano dai marinari *beccheggio* e *rullio* ( *tangage* e *roulis* dei Francesi ). Or bene, questi stessi movimenti si osservano nei terremoti.

Le ondulazioni che producono i terremoti sono ora rettilinee e si propagano in una sola direzione, ed ora sono circolari e concentriche e si propagano partendo da un centro così come le piccole onde prodotte alla superficie d'un'acqua stagnante col gettarvi un sasso o col toccarla con un corpo qualunque.

L'angolo dell'inclinazione o dell'allontanamento dalla verticale dipende dall'altezza e dalla larghezza dell'onda; quanto più piccola è l'altezza e quanto più grande è la larghezza, tanto più piccola è la deviazione dalla verticale. Nella maggior parte dei terremoti questa deviazione è così piccola, che la coesione dei materiali componenti le fabbriche basta a prevenire la loro rovina in quanto questa potrebbe esser prodotta da quella deviazione; e la possibilità di restare intiera una torre inclinata ci è provata da esempj che si osservano in molte città, e fra i quali sono più celebri quelli delle torri di Pisa e di Bologna.

Gli effetti dei moti verticali dipendono più dalla rapidità di essi moti che dalla quantità dell'innalzamento e della depressione. È facile comprendere come il suolo possa sollevarsi od abbassarsi assai senza alcun danno, purchè si innalzi o s'abbassi lentamente, e che un cambiamento di livello lievissimo ma subitaneo possa produrre danni immensi.

**15. Propagazione delle ondulazioni nei terremoti.** — Humboldt, il quale fu testimonio personale di un gran numero di questi fenomeni, e ha studiato gli effetti descritti da altri osservatori, dice che le ondulazioni si propagano di solito per linee parallele e che la loro velocità è di venti a trenta miglia per minuto. Ed osserva poi che sono rari i casi in cui le onde partendo da un centro comune si propagano circolarmente, e che in tali casi l'altezza delle onde va diminuendo col crescere della loro distanza dal centro comune.

In generale le onde hanno altezza poco considerevole e poca velocità d'oscillazione, così che i luoghi che ne sono affetti, conservano quasi intatte le case e le altre costruzioni, perchè queste sono abbastanza solide da resistervi, e si sentono lievi scosse, che non producono alcuna dannosa conseguenza. Le masserizie delle case sono bensì talvolta smosse dal loro posto, e si muovono anche i quadri ed altri oggetti appesi, ma questi moti non hanno alcuna seria conseguenza.

**16. Effetti delle scosse verticali a Riobamba.** — Le scosse verticali producono all'incontro dannosissimi effetti. Nel terremoto che distrusse la città di Riobamba al piede del Chimborazo nell'anno 1797, furono lanciati all'altezza di qualche centinaja di piedi i corpi di parecchi abitanti, così che alcuni giunsero al di là della collina di La Cullca e del piccolo fiume Lican.

**17. Esempj di propagazione circolare.** — Humboldt cita degli esempj di circolare propagazione di ondulazioni terrestri al Lago Baical in Siberia (fra 51° e 55° latitudine nord e fra 103° e 110° longitudine est), e nelle Montagne Celesti o Thian-schan nel Turchestan Chinese (fra 42° e 43° latitudine nord e 80° e 90° longitudine est). Le regioni intermedie andarono soggette alla doppia influenza delle ondulazioni circolari provenienti da quei due centri, ed Humboldt crede che l'esser alcuni luoghi andati esenti da ogni danno possano spiegarsi col mezzo della teoria delle *interferenze,* che è accettata in ottica e in acustica. Egli suppone cioè che in quei luoghi si siano incontrati insieme il punto più elevato d'un'onda col punto più basso fra due onde, e che per questo incontro siano rimaste senza moto quei luoghi privilegiati, mentre i luoghi circostanti venivano completamente devastati.

**18. Esempj d'effetti dei movimenti orizzontali e giratorj.** — Nella più parte dei casi il moto della superficie è meramente una ondulazione propriamente detta, la quale, come fu già detto, produce moti verticali e oscillatorj che non hanno conseguenze troppo serie, ma in certi casi si hanno nello stesso tempo movimenti orizzontali e verticali, oppure anche giratorj o rotatorj, così che ne riesce cambiata la direzione delle valli e delle costruzioni, la rispettiva disposizione degli oggetti fissi, delle case, delle piante, e perfino delle colline e delle valli.

**19. Scosse che non produssero serj danni.** — Humboldt dice che mentre le ondulazioni della superficie furono studiate con sufficienti particolari, non si sono altrettanto studiati i periodi delle loro alternanze e le diversità nei loro effetti. Nella città di Quito, la

quale sta al piede del Vulcano di Rucu-Pichincha, ed all'altezza di circa 10,000 piedi sul livello del mare, si sono sentite frequenti scosse durante la notte. E le costruzioni di questa città, come palazzi, chiese con alte cupole, case rozzamente costrutte, sono raramente danneggiate, mentre le scosse distruggono completamente le fabbriche nelle pianure peruviane. I nativi del paese, abituati a questi paesi, poichè durante una sola generazione avvengono parecchie centinaja di terremoti, spiegano questa differenza tra gli effetti prodotti a Quito e quelli nelle pianure peruviane colla maggiore o minore rapidità delle scosse orizzontali, le quali, secondo la loro esperienza, sono più dannose che i moti verticali e oscillatorj delle regolari ondulazioni.

**20. Maggiori danni prodotti dai movimenti giratorj.** — I terremoti che producono i moti giratorj sono i più dannosi, e fortunatamente i più rari. Dopo il terremoto che distrusse Riobamba nel 1797 e dopo quello che avvenne in Calabria nel 1783, si trovò cangiata la direzione delle valli, delle vie e delle file d'alberi, così che, mentre dapprima erano parallele o rettilinee, si trovarono poi ripiegate, curvate, ed anche più o meno fra loro intralciate; i campi cambiarono le loro relative posizioni, e risultarono misti gli uni agli altri, così che si trovarono miste insieme le più diverse coltivazioni.

**21. Singolari dislocazioni osservate a Riobamba.** — Humboldt ha veduto fra le rovine di Riobamba un luogo nel quale tutte le suppellettili di una casa si ritrovarono seppellite sotto le rovine d'un'altra. In molti altri luoghi si trovarono miste insieme le suppellettili di parecchie case, fino a più centinaja di distanza dalla loro originaria disposizione, così che per riaverle regolarmente i loro proprietarj dovettero ricorrere ai tribunali.

In alcuni casi il suolo fu scosso nello stesso tempo da oscillazioni verticali e orizzontali in tal modo, che mentre una parte veniva sollevata più che un'altra, questa era spostata lateralmente e portata al dissotto della prima.

Questi singolarissimi effetti presentano una viva rassomiglianza alla irregolare e tumultuosa agitazione della superficie del mare dopo una tempesta, e ciò induce facilmente a cercare qualche rapporto fra questa agitazione del mare e i moti del liquido sotterraneo, ed a cercare in questi moti del liquido sotterraneo la principale causa dei terremoti.

**22. Fenomeni atmosferici precursori dei terremoti.** — Una credenza popolare ammette che i terremoti siano preceduti da particolari fenomeni atmosferici, come sarebbe una profonda quiete dell'aria, un caldo soffocante ed opprimente, ed un orizzonte oscuro;

ma esatte e ripetute osservazioni fatte in differenti paesi e per molto tempo hanno provato che questa credenza è affatto senza fondamento. Humboldt asserisce risultare non solo dalla sua propria osservazione ma anche da quella di chi abita da più anni in regioni dove sono frequenti i terremoti, che questi avvengono con ogni tempo e con qualunque stato dell'atmosfera. Egli stesso ha veduto terremoti col tempo chiaro così come col cielo nuvoloso, tanto col vento fresco o coi turbini, quanto colla calma. Egli non osservò alcun disturbo od alcuna condizione eccezionale nè nell'ago magnetico, nè nel barometro, nè nel termometro, nè prima, nè durante, nè dopo il terremoto. Queste sue osservazioni, fatte fra i tropici, concordano pienamente con quelle di Adolfo Erman in occasione del terremoto di Irkutsk, presso il lago Baikal, agli 8 di marzo del 1829.

Sembra tuttavia che i terremoti siano stati qualche volta accompagnati da fenomeni atmosferici tali, da indicare qualche connessione fra i terremoti e lo stato elettrico del suolo superficiale dell'atmosfera. Così, per esempio, durante i terremoti lungamente continuati nelle valli piemontesi di Pelis e di Clusson si osservarono considerevoli variazioni nella tensione elettrica dell'atmosfera, che non poterono esser cagionate da alcun temporale, perchè in quel tempo il cielo fu sempre limpido e sereno.

**23. Rapporti fra le stagioni e le epoche dei terremoti.** — Da parecchie ricerche statistiche sembra risultare che v'abbia qualche connessione fra le epoche dei terremoti e le stagioni dell'anno. I dati numerici raccolti con molta cura da Hoff, Merian ed Hoffmann, indicano corrispondere la più grande frequenza dei terremoti cogli equinozj.

**24. Descrizioni fatte da Plinio e Seneca**. — Non è immeritevole di essere accennato il fatto che ad onta dello stato imperfetto della scienza presso gli antichi, e della loro completa ignoranza della moderna geologia, Plinio dice essere un *uragano sotterraneo* la causa dei terremoti, e le opere di Seneca contengono il germe di tutto quanto ora si conosce intorno a questi fenomeni ed alle loro cause.

**25. Rumori sotterranei**. — Quasi tutti i terremoti sono accompagnati da rumori sotterranei, ma questi non sembrano però avere alcun rapporto colla violenza delle scosse. Alcuni dei terremoti più dannosi furono accompagnati da alcun rumore, e fra questi si cita specialmente il terremoto di Riobamba, uno dei più tremendi che sia stato descritto dalla storia.

Siffatti rumori sono spesso uditi dopo la scossa, e di raro nel luogo

stesso dove il terremoto si è manifestato colla sua massima violenza. In quello di cui furono centri o punti della massima azione Tacunga e Hambato, non si udì alcun rumore in questi luoghi, ma si sentirono violenti detonazioni a Quito, che ne è distante cinquantacinque miglia, e ad Ibarra, a più di cento miglia di distanza, e venti minuti dopo la scossa.

Alcune volte i rumori sotterranei si odono in luoghi fuori dei limiti delle scosse. Così, per esempio, nel 28 ottobre 1746, quando furono scosse Lima e Callao, si sentì un rumore simile ad uno scoppio di tuono a Troxillo, dove non si provò la minima scossa.

Talvolta non si odono i rumori sotterranei se non dopo che sono cessate le scosse. Ciò avvenne nel terremoto della Nuova Granada del 16 novembre 1827, descritto da Boussingault: qualche tempo dopo cessate le scosse, si udirono le detonazioni sotterranee a regolari intervalli di mezzo minuto e per tutta la valle di Cauca.

**26. Caratteri dei rumori sotterranei.** — Il carattere dei rumori che accompagnano i terremoti è diverso nei differenti casi. Talvolta somigliano a tuoni od a colpi di cannone che si succedono rapidamente, oppure anche al rumore di un carro pesante che passi rapidamente sopra un ponte selciato grossolanamente e tal' altra sono paragonati al rumore prodotto scuotendo delle catene. A Quito sono spesso subitanei, come colpi di tuono, ma qualche volta pare che si scuotano vetri rotti, o che enormi masse di materie vetrificate siano scosse entro caverne sotterranee.

**27. Distanza a cui si odono i rumori.** — Si è già veduto che spesso i rumori si sentono fino a grandi distanze dai luoghi delle scosse; questo pare dovuto a ciò che le materie solide trasmettono i suoni molto meglio dell' aria. Durante una grande eruzione del vulcano di San Vincenzo, una delle isole dell'India occidentale, e mentre ne esciva un prodigioso torrente di lava, si udì un forte rumore simile a tuono senza alcuna scossa alla distanza di 632 miglia verso sud-ovest, nelle pianure del Calaboso, e sulle rive del fiume Apure, uno dei tributarj dell'Orenoco. Questo rumore fu udito per tutta un'area di 50,000 miglia quadrate. Gli è come se durante un' eruzione del Vesuvio si sentisse il rumore fino a Londra.

**28. Altri esempj.** — Durante una grande eruzione del Cotopaxi, una delle più alte cime delle Ande, si sentì a Honda sul fiume della Maddalena, un rumore simile a continue scariche d'artiglieria. E questo è rimarchevle specialmente per ciò che il cratere di Cotopaxi è a più di 18,000 piedi sul livello di Honda, la distanza misurata in linea retta è di 455 miglia, e inoltre fra il vulcano ed

Bonda si trovano molti gruppi montuosi, come sono quelli di Quito, di Pasto e di Popayan, attraversati da gran numero di vallate e di altre squarciature. Il suono si è quindi propagato pel suolo, ad una grande profondità, e non per l'atmosfera.

Nel violento terremoto di Nuova Granada del 1835 si sentirono i tuoni sotterranei a Popayan, Bogota, Santa Marta e Caracca, ed anche in Hayti, alla Giammaica, e sulle rive del lago Nicaragua. A Caracca continuò il rumore per sette ore senza alcuna scossa sensibile.

Pare dunque che in molti casi la crosta terrestre sia inetta a trasmettere oltre certi limiti le scosse del terremoto, ma tuttavia capace di trasmettere a maggior distanza le ondulazioni sonore.

**29. Impressione prodotta dai rumori sotterranei.** — È difficile, quando non si è provato, farsi un'idea della impressione prodotta dai rumori che si sentono venire di sotterra, anche quando non sono accompagnati da alcuna scossa di terremoto. Sembrano quasi una voce soprannaturale che avverti le intere popolazioni di qualche prossima e immensa disgrazia, e le getti in un'ansiosa agonia d'aspettazione.

**30. Ruggiti sottarranei di Guanaxuato.** — Uno dei più notevoli esempj si trova nei sotterranei *bramidos* (ruggiti) uditi nel 1784 a Guanaxuato nel Messico (Humboldt, *Essai politique sur la Nouvelle Espagne* e *Cosmos*).

Guanaxuato è la capitale del distretto dello stesso nome, ricchissimo di miniere, situato nella Sierra di Santa Rosa, a 160 miglia al nord-ovest di Messico, ed all'altitudine di 6000 piedi sul livello del mare. Il distretto è un irregolare complesso di catene montuose, ed è attraversato da molte e molte miniere, colle quali si estraggono grandi quantità di oro e di argento. Più di 100 scavi si trovano nel raggio di quindici miglia tutt'all'intorno della città. Nelle vicinanze non esiste alcun vulcano attivo.

I rumori sotterranei cominciarono a farsi udire alla mezzanotte del 9 gennajo 1784, e continuarono più d'un mese senza alcuna interruzione. Humboldt ne potè scrivere una descrizione particolareggiata, valendosi dei racconti di molti testimonj oculari ed anche dei documenti prestatigli dalla municipalità.

Dal giorno 13 al 15 erano come tuoni continui con dei colpi più forti ad intervalli, i quali venissero dai fondamenti della città. Tutti andarono crescendo a poco a poco come prima. — Fu rimarcato che non si sentirono che entro un breve spazio, cioè nella parte montuosa della Sierra, dalla Cuesta de los Aquilares fino al nord di

Santa Rosa. Non se ne udì punto nel distretto basaltico a poche miglia di distanza, nè nelle parti staccate della Sierra, a ventiquattro o ventotto miglia al nord-ovest di Guanaxuato. Si è pur rimarcato che nè alla superficie, nè nelle miniere non si sentì nè scossa, nè tremito alcuno.

Quando cominciò questo straordinario rumore gli abitanti di Guanaxato vi ebbero un invincibile spavento, e si misero a fuggire all'aperto, ma subito furono trattenuti dalle misure energiche e straordinariamente severe delle autorità. Il fuggire dalla città fu punito con una multa di 1000 piastre o con due mesi di prigione, e le milizie ebbero ordine di arrestare e imprigionare i fuggitivi. — Una delle più curiose circostanze del principio del disordine fu un proclama, nel quale le autorità dichiaravano che nella loro saggezza esse avrebbero potuto prevedere l'avvicinarsi del pericolo, e ne avrebbero dato avviso alla popolazione in tempo utile per la fuga, e che per allora bastava continuare le processioni religiose. Ma non volendo azzardarsi gli abitanti delle pianure circostanti a portare le provvigioni sui mercati della città, cominciò in questa la carestia, e la fame vincendo il rispetto alle autorità, la fuga divenne ben presto generale. Ne approffittarono parecchie bande di ladri per saccheggiare la città, in cui erano rimasti abbandonati grandi quantità d'oro e d'argento; ed avrebbero continuato sino alla fine, se i più coraggiosi abitanti, famigliarizzati coi continui rumori sotterranei, non fossero accorsi in città in numero sufficiente per difendere le proprietà.

Nelle altre parti delle regioni montuose del Messico non s'udì altro simile rumore, e sembra che questi suoni, prodotti in un luogo limitato dall'agitazione del liquido igneo sotterraneo, siano stati intercettati nelle differenti direzioni dalle irregolarità della superficie inferiore della crosta terrestre.

**31. Estensione dei luoghi affetti dai terremoti.** — Non può dirsi che i terremoti abbiano agito sempre sopra regioni poco estese: alcune volte anzi si manifestarono sopra estesissime porzioni della superficie terrestre. Il gran terremoto che distrusse Lisbona al primo di novembre 1755 si sentì per quasi tutta l'Europa, dalle Alpi alle coste della Svezia, e fin al di là del Mediterraneo nell'Africa settentrionale, al di là dell'Atlantico nelle Indie occidentali, e attraverso al continente nord-americano fino ai grandi laghi settentrionali. E molte fontane, anche a grandi distanze da Lisbona, si asciugarono, o subirono una interruzione. Le sorgenti di Töplitz, per esempio, si arrestarono per poco tempo, ma poi ricomparvero, ma con acque più abbondanti e con un colorito ocraceo.

Il fatto delle interruzioni delle sorgenti per opera dei terremoti fu già noto agli antichi, e fu già descritto da Demetrio di Calazia.

**32. Effetti dei terremoti sul mare.** — Non può esservi alcun dubbio che anche il fondo del mare possa essere scosso come la terra ferma nei terremoti, e le stesse acque possono trasmettere le scosse a grandi distanze, per esempio, attraverso l'Atlantico.

**33. Esempj.** — Durante il terremoto di Lisbona il mare s'innalzò a Cadice più di sessanta piedi, e nelle isole Barbados, Martinica e Antigua, dove la marea non eccede d'ordinario i due piedi, l'acqua si sollevò subitamente di venti piedi, e colorita in nero come inchiostro. A Lisbona l'acqua si ritirò lasciando asciutta la spiaggia, ma ritornò subito e in masse enormi, così che in certe piazze s'innalzò a più di sessanta piedi, innondò una parte della città, e distrusse il porto di S. Eubalo a circa venti miglia al più di Lisbona.

Altri esempj numerosi si hanno di simili disastri. Nel terremoto del Perù del 1746 le acque dell'Oceano Pacifico irruppero sulle coste con tal furia che distrussero parecchi porti, trasportarono entro terra a grandi distanze i vascelli, e copersero un gran tratto di paese presso Callao, trasformandosi così in una baja permanente.

**34. Terremoti della Giamaica.** — Nel 1780 avvenne nel golfo del Messico un rimarchevole terremoto sottomarino, durante il quale fu spinta una grande quantità d'acqua sulle coste dell'isola della Giamaica, così che ne fu inondata tutta la città di Savanna la Mar, e non isfuggì alla morte o alla distruzione alcun essere vivente nè alcun fabbricato.

La stessa isola aveva già sofferto una devastazione ancora maggiore in un altro terremoto, avvenuto nel 1692. Tre quarti di Porto Reale, capitale dell'isola in quel tempo, inabissarono improvvisamente, e andarono sotto l'acqua del mare, insieme con tutti i loro abitanti. Molti altri fabbricati, che stavano lungo il mare, si sommersero ad una tale profondità, che le loro sommità uscivano a 20 o 40 piedi sotto il livello del mare. L'abbassamento fu verticale e così scevro da qualunque movimento laterale o d'oscillazione, che gran parte delle case restò intatta, così che dopo la catastrofe si videro sorgere dall'acqua molti cammini verticalmente, come gli alberi d'un bastimento che si fosse affondato. Un vascello da guerra che si stava riparando in un cantiere, fu trasportato al di là di parecchie fabbriche sommerse, e rimase alla fine sopra una di esse, come sopra uno scoglio. — Alla prima scossa di questo terremoto si abbassò subitamente fin sotto al livello del mare un tratto di paese, dell'area di più d'un migliaio di acri.

**35. Estensione del terremoto di Lisbona.** — Fu calcolato che nel gran terremoto di Lisbona fu scossa sensibilmente, ma senza produrre disastri, una porzione della superficie terrestre, che è quattro volte più grande dell'area dell'Europa.

**36. Lunga durata dei terremoti leggeri.** — Humboldt cita parecchj esempj di scosse o tremori del suolo, che hanno continuato d'ora in ora per più mesi successivi, lontano da ogni vulcano attivo. Sul versante orientale del monte Cenisio, a Fenestrelle, ed a Pinerolo tali fenomeni cominciarono nell'aprile del 1808. I liquidi contenuti nei bicchieri mostrarono una costante agitazione ed un continuo tremolìo. Negli Stati Uniti, a Nuova Madrid ed a Little Prairie, al nord di Cincinnati, i terremoti cominciarono nel dicembre 1811, e continuarono per tutto l'inverno 1812. Nel pascialato di Aleppo le scosse continuarono durante i mesi d'agosto e di settembre 1822.

**37. Effetti di terremoti sopra ogni specie di rocce.** — Se le perturbazioni della crosta terrestre sono prodotte da agitazioni dell'oceano igneo a lei sottoposto, devono essere indipendenti dalla natura dei materiali che formano detta crosta; tutte le rocce, dagli incoerenti terreni alluvionali dell'Olanda e della Lombardia ai più sodi monti di granito, tutte possono ricevere le scosse, ma le trasmettono poi or più, or meno, secondo la loro maggiore o minore attitudine.

**38. Luoghi esenti da terremoti.** — Sembra che alcuue rocce per la loro particolare struttura, possano arrestare o diminuire le ondulazioni. Così, per esempio, quando un terremoto si propaga lungo una costa o lungo il piede d'una catena montuosa, furono osservati certi punti d'interruzione, pei quali passano le onde senza produrre alcun disturbo per un dato spazio strettamente limitato. — Questi punti sono ben conosciuti in alcuni paesi, che sono affetti da terremoti già da più secoli; i Peruviani, che sono il popolo più famigliarizzato coi terremoti, danno a questi punti d'interruzione il nome di *ponti*.

**39. Le parti superficiali talvolta esenti, mentre sono scosse le inferiori.** — Avviene qualche volta che mentre le parti superficiali sono scosse, rimangono tranquille le inferiori. Al principio del secolo attuale si sentirono delle scosse così violenti nelle miniere d'argento di Marienberg in Sassonia, che i minatori si misero in fuga, e giunti alla superficie del suolo, seppero che essa era rimasta perfettamente quieta.

**40. Le parti inferiori in quiete, mentre sono scosse**

**le superiori.** — Altre volte avviene il contrario; le parti superiori sono scosse e rimangono tranquille le inferiori. Ciò si vide, per esempio, a Fahlun e Persberg, luoghi di miniere nella Svezia, nel 1823, durante una violenta scossa di terremoto superficiale, che mise in allarme tutti gli abitanti, mentre i minatori continuarono a lavorare nei profondi cunicoli, senza alcun disturbo.

**41. Ondulazioni spesso, ma non sempre, propagate in direzione parallela alle catene montuose.** — Le ondulazioni si propagano assai frequentemente in direzione parallela alle catene montuose, e questo fa credere che possa avere qualche influenza sulla trasmissione delle ondulazioni la direzione delle catene montuose e delle valli, e quella delle ineguaglianze che devono corrispondere ad esse nella superficie inferiore della crosta terrestre, e nella struttura interna della crosta stessa. Tuttavia furono osservate parecchie eccezioni, di terremoti propagati in direzione perpendicolare alle catene montuose. Così, per esempio, nell'America meridionale un terremoto attraversò la catena litorale di Venezuela e di Sierra Parime; nell'Asia se ne propagò un altro nel gennaio 1832 da Lahore al piede dell'Imalaja, attraverso parecchie catene montuose dell'India.

**42. Descrizione degli effetti dei terremoti fatti da Humboldt.** — Chiuderemo queste brevi nozioni sui terremoti con alcune generali considerazioni di Humboldt, che ne fu egli stesso più volte testimonio, e che ne ha indagato scentificamente le cause.

» Prima di lasciare questo grande fenomeno, che abbiamo considerato nei suoi particolari così come nei suoi generali rapporti colla fisica del globo, io devo ancora indicare l'origine dell'impressione profonda, dell'effetto particolarissimo, che produce su noi un primo terremoto, anche quando non è accompagnato da alcun rumore sotterraneo. Questa impressione non proviene, a mio credere, dall'offrirsi alla nostra immaginazione le immagini delle catastrofe di cui conosciamo la storia. Ciò che fa effetto si è, che perdiamo ad un tratto la nostra confidenza innata nella stabilità del suolo. Fin dalla nostra infanzia noi eravamo abituati al contrasto della mobilità dell'acqua coll'immobilità della terra. Tutte le testimonianze dei nostri sensi avevano fortificato questa nostra sicurezza; ma tutto ad un tratto trema il suolo, ed un sol momento basta a distruggere l'esperienza di tutta la vita. È una potenza ignota che si rivela improvvisamente; la calma della natura non era che un'illusione, e noi ci sentiamo rigettati violentemente nel caos delle forze distruttive. Allora ogni rumore, ogni soffio d'aria eccita l'attenzione, e diffidiamo di tutto, ma più che d'altro del suolo su cui camminiamo. Gli animali, princi-

palmente i porci e i cani, provano la stessa angoscia; i coccodrilli dell'Orenoco, d'ordinario così muti come le nostre piccole lucertole, fuggono il letto del fiume e corrono ruggendo verso la foresta.

» Un terremoto si presenta all'uomo come un pericolo indefinibile, ma che ci minaccia in ogni luogo. Possiamo allontanarci d'un vulcano, possiamo evitare un torrente di lava, ma dove fuggire quando trema la terra? Dovunque crediamo di camminare sopra un focolare di distruzione. Fortunatamente gli elatorii della nostra anima non possono restare così tesi per molto tempo, e quelli che abitano un paese in cui le scosse sono deboli, e si seguono a brevi intervalli, provano appena un sentimento di timore. Sulle coste del Perù, il cielo è sempre sereno; la grandine, i temporali, le terribili esplosioni di fulmine sono cose ignote; il tuono sotterraneo che accompagna le scosse del suolo tien luogo del tuono delle nubi. Per effetto di una lunga abitudine e dell'opinione comune che vi sono soltanto due o tre scosse disastrose a temere per ciascun secolo, i terremoti non inquietano a Lima più che la grandine nella zona temperata ».

**43. Terremoti in Inghilterra.** — Sebbene noi Inglesi abbiamo l'abitudine di congratularci con noi stessi, perchè il nostro paese sembra esente da queste terribili convulsioni, è tuttavia certo che anche sotto di noi hanno sede forze capaci di disturbarci, ed anche di scuoterci con qualche vigore. Questo è provato dal fatto che non si ricordano meno di 256 o 257 leggeri terremoti, 139 dei quali ebbero luogo nella Scozia, mentre l'Yorkshire, il Derbyshire, il Galles e le coste meridionali dell' Inghilterra furono il teatro degli altri.

**44. Ejezioni di materie dall' interno della terra. Sorgenti.** — Nelle convulsioni finora descritte, gli effetti si limitano generalmente a dislocazioni più o meno potenti della superficie della terra. Quando le forze interne agiscono dal basso all' alto con maggiore energìa, o quando gli strati terrestri vi oppongono minore resistenza, questi si rompono, e per la loro rottura vengono spinte fuori diverse materie. Lo stato fisico delle materie ejette, dipende in gran parte dalla profondità da cui provengono.

La materia che è più sovente ejetta si è l' acqua. Questo liquido si accumula continuamente qua e là fra gli strati terrestri, filtrando lentamente attraverso quelli che sono più porosi, e trattenuto da quelli più compatti; e così raccolto, acquista la temperatura delle rocce, tra le quali si trova, e la conserva ancora quando sorge attraverso le rotture e fessure degli strati. Nelle sorgenti ordinarie, che provengono da piccolissime profondità, l' acqua è di solito più fredda che l'aria esterna in estate, più calda in inverno; quando proviene dalla

profondità a cui corrisponde lo strato in temperatura costante, descritto nel trattatello sul *Calore terrestre*, ha appresso a poco una temperatura eguale alla temperatura media del luogo.

**45. Temperatura dell'acqua dei pozzi artesiani.** — Fu già osservato da Arago, che le acque sorgenti nei pozzi artesiani hanno una temperatura tanto più elevata, quanto più profondo è il pozzo; cosichè la temperatura dell'acqua d'una sorgente calda, può servire fino ad un certo segno come un indizio della profondità da cui proviene l'acqua.

**46. Come la temperatura delle sorgenti indichi la profondità.** — Fu già dimostrato nel trattatello sul *Calore terrestre* che discendendo sotto lo strato di temperatura costante, la temperatura degli strati terrestri cresce in ragione d'un grado dal termometro di Fahrenheit per ogni aumento di 50 piedi inglesi nella profondità (circa un grado centesimale ogni 30 o 32 metri.). Lo strato della temperatura costante nelle latitudini medie, essendo alla profondità di meno di 100 piedi, e la sua temperatura essendo eguale alla temperatura media della superficie, si può stabilire in numeri tondi, che se si suppone di 50° F. la temperatura media superficiale, alla profondità di un miglio si avranno 150° F., a due miglia 250° F., a tre miglia 350° F., ecc.

Ora, tenendo calcolo della pressione esercitata dal vapore acqueo alle diverse temperature superiori a quella dell'acqua bollente, si trova che a 250.° F. il vapore acqueo deve produrre una pressione eguale ad una volta e mezzo quella del vapore generato nelle locomotive comuni, e che a 350° la pressione sarebbe più che doppia di quella nelle locomotive comuni.

**47. Sorgenti termali naturali.** — Le sorgenti calde naturali che esistono in molti luoghi, devono provenire da strati, la cui profondità corrisponda alla loro temperatura, e devono sorgere attraverso le fessure degli strati superiori, in forza della pressione del vapore prodotto da quella temperatura profonda. Se la temperatura dell'acqua al suo giungere alla superficie del suolo fosse esattamente la stessa che al luogo da cui l'acqua proviene, potrebbe servire a far conoscere approssimativamente la profondità di un tal luogo di provenienza; ma bisogna considerare che nel suo elevarsi attraverso gli strati terrestri, l'acqua passa a contatto di rocce sempre meno calde, e che quindi tendono sempre più a toglierle calore, così che essa giunge alla superficie del suolo meno calda di quello che fosse in origine; la profondità da cui proviene l'acqua è dunque più grande di quella indicata dalla temperatura dell'acqua che giunge alla su-

perficie, e non si può venirla a conoscere se non per approssimazione.

**48. Temperatura delle sorgenti indipendente dalla natura degli strati.** — Da numerose osservazioni fatte sulle sorgenti termali, è provato che la temperatura di queste è completamente indipendente dalla natura degli strati, che esse attraversano. Non è neppur vero che esse si trovino soltanto nelle regioni vulcaniche. Humboldt afferma che le sorgenti più calde e permanenti, a lui note, si trovano a grande distanza da qualunque vulcano. Così, per esempio, le *Aguas calientes de las Trincheras* fra Puerto Cabello e Nuova Valenza nel Venezuela, la cui temperatura è di 194° 1|2 F., escono dal granito; e lo stesso può dirsi delle *Aguas comangillas* presso Guanaxuato nel Messico, la cui temperatura è di 205° 1|2 F., ossia appena 6° 1|2 inferiore a quella dell'acqua bollente. Secondo quanto si è detto più sopra, deducendo la profondità dalla temperatura, le acque di queste sorgenti devono provenire dalla profondità di circa due miglia.

Fu rimarcato che le sorgenti di temperatura moderata, per esempio da 120° a 160° F., sono assai costanti, non solo nella loro temperatura, ma anche nella loro composizione chimica, mentre le più calde soffrono considerevoli variazioni. Le sorgenti termali comprese fra quei limiti, ben note e ben osservate in Europa, non hanno sofferto il minimo cangiamento, nè nel grado di calore, nè nella composizione chimica, almeno negli ultimi sessant'anni. Le sorgenti più calde, ma che contengono piccolissime quantità di materie minerali, sono andate soggette a variazioni considerevoli. Così, per esempio, le già menzionate *Aguas Trincheras,* presentarono nel 1800 ad Humboldt la temperatura di 194° 1|2 F., e nel 1823 a Boussingault quella di 206° 1|2; la loro temperatura si è dunque aumentata di 12° F. in 23 anni.

**49. Stabilità delle sorgenti. — Sorgenti classiche.** — Oltre alla temperatura è rimarchevole nelle sorgenti la loro stabilità secolare. Le sorgenti della Grecia scorrono ancora adesso negli stessi luoghi, e nelle stesse circostanze in cui scorrevano ai tempi d'Omero, di Erodoto e degli altri classici antichi. Il fiume Erasinos dopo un breve corso scompare, approfondandosi nel suolo, ma poi riappare al piede del monte Chaon, a due giornate al sud di Argo. Questa sorgente, già menzionata da Erodoto, si trova ancora nello stesso luogo che allora. — Nel centro del tempio d'Apollo a Delfo esisteva una piccola apertura nel suolo, da cui si dice sorgesse di tempo in tempo un vapore od un gas mefitico, il quale si supponeva prove-

nire dalla vicina sorgente di Cassotis. Sopra questa apertura si sedeva la sacerdotessa Pizia, quando veniva consultato l'oracolo, e le parole che essa profferiva sotto l'azione di quel vapore mefitico erano tenute per rivelazioni del Dio. Di questa apertura non rimangono più tracce, ma la sorgente di Cassotis esiste ancora, ed è conosciuta come quella di san Nicola. Le sue acque passano ancora sotto al luogo del tempio d'Apollo. — Fra le altre fontane classiche che tuttora esistono, si possono citare quelle di Castalia al piede del monte Parnaso, di Pirene a Corinto, e le sorgenti termali di Edepso sulla costa dell' Eubea presso Calcide. — È degno di rimarco che in un paese così soggetto a violenti terremoti come la Grecia, abbiano conservato gli strati le loro rispettive posizioni, al punto di restar sempre aperte le fessure che danno adito a quelle fontane esistenti già da 2000 anni.

Come altro esempio della permanenza delle sorgenti Humboldt cita anche un getto d'acqua di Lillers presso Calais, che fu aperto nel 1126, e che continua sempre a dare la stessa quantità d'acqua, e colla stessa forza d'ascensione.

**50. Sorgenti di vapore acqueo.** — Fra i serbatoj d'acqua che esistono nello spessore della crosta terrestre, molti ve ne devono essere così riscaldati, da presentare una temperatura molto superiore a quella dell'acqua bollente. Se una fessura qualunque li mette in comunicazione coll'esterno, la loro acqua caldissima deve farsi strada in istato vaporoso per questa fessura, e produrre un getto di vapore paragonabile, benchè in proporzioni gigantesche, a quello che esce dalla valvola di sicurezza d'una locomotiva. (1)

**51. Sorgenti di gas.** — Il vapore acqueo non è il solo fluido elastico che venga fuori dell' interno del globo; anche varii gas sono ejetti in enormi quantità. Un gas chiamato *idrogene carbonato*, composto di idrogene e carbonio, e simile a quello che serve comunemente nella pubblica illuminazione, esce in grande quantità dall'interno del globo per certe fessure del suolo più o meno grandi, così che può adoperarsi per la pubblica illuminazione, per cuocere le pietre da calce, ecc. I così detti pozzi artesiani di fuoco della China sono frequentissimi a Ho-tsing già da dieci e più secoli. Il gas si è raccolto in tubi di bambù, ed adoperato all' illuminazione della città di King-tscheu. (2)

(1) I *Geyser* dell' Islanda sono sorgenti di vapore acqueo di questo genere. *N. del Trad.*

(2) Sorgenti analoghe si vedono a Pietramala e Barigazzo e in qualche altro luogo degli Apennini Bolognesi e Modenesi. *N. del Trad.*

**52. Sorgenti di acido carbonico nei tempi preadamitici.** — Ma di tutti i gas ejetti dall'interno del globo, il più comune è l'acido carbonico, quel gas che si produce nella combustione del carbone, nella respirazione, nella fermentazione del vino, ecc. Nei tempi preadamitici, quando la crosta terrestre era più sottile, e quindi dovevano essere più frequenti in essa le fessure e le rotture, la emissione di questo gas doveva essere molto più abbondante che attualmente, e quindi doveva trovarsi in quantità molto maggiore che attualmente nell'atmosfera.

**53. Utilità dell'acido carbonico nei tempi preadamitici.** — Questa maggiore quantità di acido carbonico fu utilissima per la produzione di tutti quei vegetali, che poi, ricoperti da strati terrosi e sottoposti all'azione del calore terrestre e del tempo, si trasformarono nei depositi di carbon fossile, così abbondanti e così utili nelle arti e nelle industrie.

Ma l'acido carbonico dovette esser utile anche in altri modi, e specialmente per la produzione di tutti i marmi, delle pietre da calce e di tutte le altre rocce calcaree, che sono composte di detto acido e di calce, e che forniscono importantissimi materiali per le costruzioni e per diverse industrie chimiche. — La massa di queste rocce è costituita per metà o poco meno di acido carbonico.

**54. Vulcani di fango. — Salse e salmastraje.** — Dalle ejezioni di gas e di acqua a quelle di rocce liquefatte dal calore fanno passaggio quei fenomeni intermedii che sono detti *vulcani di fango*. Benchè questi vulcani, detti anche *salse* e *salmastraje*, presentino ordinariamente fenomeni che attraggono poco l'attenzione, la loro origine è tuttavia accompagnata da fenomeni imponenti, da terremoti, da tuoni sotterranei, da dislocazioni e da fiamme. Un esempio recente ne è fornito dal vulcano di Jokmali, nella penisola di Apscheron, ad oriente di Baku, sulla costa del mar Caspio. Questa penisola è sempre stata soggetta a fenomeni sotterranei, e vi si videro così frequentemente delle fiamme, che nei passati tempi fu un oggetto di venerazione per gli orientali adoratori del fuoco. Su questa penisola, nel 27 novembre 1827, s' innalzarono delle fiamme così elevate che furono vedute alla distanza di 24 miglia, e durarono per tre ore, e poi diminuirono fino all'altezza di tre piedi. Esse sorgevano da un cratere prodotto da ejezioni fangose, durarono per 20 ore, e furono seguite da una ejezione di enormi frammenti di rocce, e di grandi quantità di fango caldo.

**55. Salse antiche.** — Esempj di antichi vulcani di fango sono quelli di monte Zibio presso Sassuolo nel Modenese, e di Girgenti

in Sicilia. Durano in attività moderata già da tempo immemorabile, e quelli specialmente di Girgenti presentano la forma dei vulcani ordinarii, parecchie colline coniche, di varia altezza da otto a trenta piedi, variabili non solo nella grandezza, ma anche nella forma, e terminate da un cratere, con un po' d' acqua, dalla quale gorgoglia continuamente del gas.

Il fango ejetto da questi vulcanetti è freddo. In un simile vulcano dell'isola di Giava, descritto da Humboldt, il fango ha tuttavia una temperatura elevata.

Il gas ejetto da questi vulcani è di solito accompagnato da qualche rumore, ed è ora idrogene puro, ora acido carbonico, e talvolta anche nitrogene. L'idrogene porta seco spesso della nafta.

**56. Progressivo sviluppo dei vulcani di fango.** — Dopo i primi fenomeni imponenti, descritti a proposito del vulcano di Jokmali, i vulcani di fango mostrano di solito una attività assai debole, quasi che siano diminuite le forze interne, o si sia ostruito il canale sotterraneo di comunicazione. La bassa temperatura del fango delle altre materie emesse durante l'attività ordinaria, sembra provare che le cause produttrici di questi fenomeni non siano collocate ad una grande profondità.

**57. Prima formazione d'un vulcano ordinario.** — Dai terremoti, dalle sorgenti termali e dai getti di gas, di vapore, d'acqua e di fango, passiamo ai fenomeni più potenti dell' attività sotterranea.

Le forze interne, agendo con diversa intensità nelle diverse parti della crosta terrestre, e trovando queste ora più ed ora meno resistenti, giungono talvolta a vincere la più debole, ma senza romperla, la sollevano alquanto e la distendono a guisa d'una bolla, e danno così origine ad un monte in forma di cupola, senza alcuna apertura alla sommità.

**58. Cratere di sollevamento.** — È assai difficile che la crosta solida così sollevata sia così resistente da non rompersi verso la sommità della cupola; di solito si rompe, e ne ha origine un' apertura terminale, a pareti interne ripidissime, spesso con altre fratture, che si dirigono come raggi verso la base della cupola, così che nelle pareti interne si vedono spaccati gli strati innalzati a formare la montagna. Quest'apertura è ciò che i geologi chiamano *cratere di sollevamento*.

**59. Vulcani attivi.** — Se l'azione delle forze sotterranee è abbastanza intensa, si apre il fondo di questo cratere di sollevamento, e si produce un canale che mette in comunicazione il cratere col-

l'interno del globo, e per questo canale sono spinti fuori con forza i materiali che si trovano immediatamente sotto la crosta, e sono vapore acqueo, ceneri vulcaniche, sabbie, scorie, pezzi di rocce infuocate, e infine anche torrenti di lave, ossia di roccie liquefatte dal calore interno. Allora si dice che il vulcano è in piena attività e in eruzione.

**60. Cratere di eruzione.** — Vedemmo finora tre stadj nella formazione di un vulcano; produzione del monte in forma di cupola; produzione del cratere di sollevamento; eruzione di materie; ora vediamone il quarto, produzione del *cratere di eruzione.* Le materie gettate in alto dal vulcano ricadono e si accumulano intorno all'apertura da cui sono uscite; le lave si accumulano anch'esse intorno a questa apertura, e tutti insieme questi materiali formano a poco a poco un rialzo conico sul fondo e nel mezzo del cratere di sollevamento. Nel centro di questo rialzo conico di nuova formazione, che è detto *cono di eruzione*, rimane sempre l'apertura del canale sotterraneo, che è il *cratere di eruzione,* e pel quale continuano sempre ad uscire nuovi materiali. Col continuo crescere di questi, si aumenta continuamente il cono di eruzione, e talvolta aumenta tanto da riempire tutto il cratere di sollevamento, e da rivestire poi e mascherare anche la sommità del gran monte a cupola.

**61. Vulcani non sempre attivi.** — Non tutti i vulcani passano per tutti questi stadj , nè sono tutti in continua attività. Anzi nella maggior parte le eruzioni avvengono di rado. Quando un'onda del liquido interno giunge sotto ad un vulcano, o quando vi giunge un ammasso di vapori o di gas, e cerca di farsi strada pel suo canale, cresce di molto la pressione contro la lava fusa e contro le pareti interne del vulcano, e comincia regolarmente l'eruzione. Se poi il canale si è ostruito in qualche modo, e resiste per qualche tempo alla pressione, la eruzione è ritardata, ma riesce più violenta, quando le lave e i vapori giungono a riaprire il canale vecchio, o ad aprirne uno nuovo, squarciando spesso anche i fianchi del vulcano. Se fra un'eruzione e l'altra il vulcano ha il suo canale interno aperto e libero, si vede quasi di continuo uscire dal suo cratere una grande quantità di vapore acqueo, quasi sempre rischiarato di notte dalla lava rovente sottoposta, così che sembra un getto di fiamme; ma se il canale è chiuso, l'emissione del vapore è quasi nulla e oscura. Assai di raro e durante le eruzioni si vedono vere fiamme, e sembrano dovute alla combustione di gas idrogene.

**62. Gli intervalli di attività e di riposo** sono spesso di lunghissima durata. Così, per esempio, il Vesuvio rimase talvolta

quieto per parecchi secoli. Ai tempi di Nerone, l' Etna sembrava vicino ad estinguersi completamente.

**63. Rapporto fra l'attività e l'altezza.** — Humboldt asserisce che l'attività d'un vulcano dipende molto dalla sua altezza, e lo prova con molti esempii, e lo spiega col supporre che le forze interne possano sollevare le rocce fuse anche fino alle bocche vulcaniche più elevate. Egli ci dà le seguenti altezze dei principali vulcani:

| | | |
|---|---|---|
| Stromboli . . . . . . . . . . . . . . . . | Piedi | 2,318. |
| Guacamayo . . . . . . . . . . . . . . . | » | 2,500. |
| Vesuvio. . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 3,876. |
| Etna. . . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 10,870. |
| Picco di Teneriffa . . . . . . . . . . . . | » | 12,175. |
| Cotopaxi . . . . . . . . . . . . . . . . | » | 19,070. |

Vediamo ora cosa avvenga nei vulcani più piccoli e nei più elevati.

**64. Lo Stromboli**, è in continua attività, almeno fino dai tempi di Omero, e con tale uniformità che la sua luce serve come un faro stupendo per i bastimenti che navigano nelle vicine parti del Mediterraneo. L' intera isola, situata al nord della Sicilia, è di formazione vulcanica.

**65. Il vulcano di Guacamayo**, situato nella provincia di Quiros, a circa 88 miglia da Chillo presso Quito, è in così continua e forte attività, che le sue detonazioni si sentono ogni giorno a Chillo.

**Il Vesuvio e l' Etna** hanno le eruzioni comparativamente rare, e l' Etna le ha più rare che il Vesuvio.

**I vulcani delle Ande** poi, che sono veri vulcani giganteschi, stanno talvolta dei secoli senza presentare eruzioni.

**66. I vulcani delle Ande** sono ancora più rimarchevoli che l'Etna ed il Vesuvio, per ciò che non sorgono come questi da pianure quasi al livello del mare, ma hanno le loro basi sopra altipiani già per sè stessi elevatissimi; ebbene, questi vulcani non emettono quasi mai vere lave in torrenti, ma soltanto scorie infuocate, benchè la violenza delle commozioni sotterranee sia dimostrata da fortissime e terribili detonazioni, che si odono alla distanza di parecchie centinaia di miglia. Ne servano d'esempio il vulcano di Popayan nell' America meridionale, che ha la base a 6000 piedi sul livello del mare; quello di Pasto sull' altipiano delle Ande, che ha 8500 piedi d'altitudine, e quelli delle Ande presso Quito.

**67. Eccezioni.** — Alla legge esposta da Humboldt si osservano parecchie eccezioni, ma si spiegano col supporre una casuale ostruzione dei canali sotterranei e dei crateri.

**68. Eruzioni laterali.** — Le eruzioni non avvengono sempre pei crateri, anzi quelle pel cratere terminale sono molto meno frequenti di quelle per dei crepacci aperti lateralmente nei fianchi della montagna. Laddove questi crepacci danno sfogo alle eruzioni, si formano dei *coni di eruzione* secondarii, ora solitarii ed ora allineati l'uno presso all'altro lungo la fessura.

**69. Gruppi di piccoli coni.** — Le forze interne rompono talvolta il suolo in molti punti, e su ciascuno di questi formandosi un cratere d'eruzione, hanno origine dei gruppi di coni vulcanici. Così succedette al Vesuvio nell'ottobre 1822, e così si formarono gli *hornitos* di Jorullo, osservati da Humboldt e disegnati da lui nella tavola XLIII delle sue *Vedute delle Cordigliere.* Altri coni analoghi si produssero al vulcano di Awatscha ed al *campo di lava* nel Kamtschatka, descritto da Erman.

**70. Rimarchevole spettacolo del Cotopaxi.** — Intorno a ciascuna bocca in eruzione si forma, come ho già detto, un rialzo conico di ceneri, di sabbie e di scorie, lanciate in aria durante l'eruzione e ricadute all'in giro. Questi coni possono avere un'altezza qualunque, che non sembra in relazione con quella dell'intera montagna, poichè talvolta sono piccolissimi quelli prodotti dalle più alte montagne. Uno dei più rimarchevoli coni di questa specie si osserva al vulcano del Cotopaxi, nella Cordigliera orientale delle Ande, a circa 34 miglia al S. S. E. di Quito. La forma generale di questa montagna, è quella di un immenso cono, costruito secondo le regole geometriche. La sommità è a circa 19,000 piedi sopra il livello del mare, ed a circa 10,000 piedi sopra il livello del sottostante altipiano. La linea delle nevi perpetue si abbassa fino a 4400 piedi dalla sommità. Il cono riesce quindi rivestito di neve perpetua al di sopra di questa linea, eccetto che nel tempo delle eruzioni, in cui i fianchi si fanno incadescenti, e la neve si fonde istantaneamente, e discende in torrenti, lasciando a nudo il cono. « Di tutti i vulcani ch'io ho veduti, dice Humboldt, sì nell'uno che nell'altro emisfero, il conico Cotopaxi è nello stesso tempo il più regolare e il più pittoresco. Prima di ogni grande eruzione la subitanea fusione della neve, che d'ordinario riveste il gran cono, annuncia la imminente catastrofe. E prima che le materie fuse escano dal cratere, i lati del cono acquistano un'elevatissima temperatura, e tutta la montagna diventa rovente e d'una bianchezza portentosa ».

**71. Interno d'un cratere attivo.** — È difficile immaginarsi uno spettacolo più imponente e grande di ciò che si vede in un cratere in piena attività. Nel fondo del cratere, in mezzo a vapori che

sembrano roventi per la luce che riflettono, si vede la materia ora liquefatta ed ora pastosa, agitata e bollente, come in una pentola colossale. La sua superficie si muove, si gonfia e scoppia in bolle gigantesche, da cui escono dei vapori, ovvero si vede una crosta semisolida, che qua e là si fonde e manda vapori, e nello stesso tempo lascia scorgere la sottoposta materia incandescente. Nello scoppiare delle bolle di lava fusa, sono lanciate in aria molte e molte porzioni di lava, che ricadono quasi sempre nel cratere. Ciascuno di questi scoppii è preceduto e seguito da piccole scosse di terremoto. Quando la lava si gonfia e si solleva al punto di sovverchiare i lembi del cratere, ne esce in forma di torrente ora più ed ora meno estesa, a seconda della quantità della lava che si riversa.

**72. Permanenza della forma dei crateri.** — Dalla descrizione di questi fenomeni parrebbe che la forma dei crateri dovesse mutarsi assai di sovente; questo avviene invece soltanto di tanto in tanto, e in conseguenza delle più forti eruzioni. Così, per esempio, il cratere del Vesuvio fu trovato nel 1822 e nel 1833 da Humboldt e da lord Minto avere le stesse dimensioni misurate da Sausurre nel 1773.

**73. Effetti dei coni coperti di neve.** — Il caso del Cotopaxi, che produce immensi torrenti di acqua mista a scorie e ad enormi pezzi di ghiaccio per la subitanea fusione delle sue nevi perpetue, non è unico. Lo stesso fenomeno si riproduce in tutti i vulcani che si innalzano oltre la linea delle nevi perpetue, e di cui è ricca l'America. Indipendentemente da queste inondazioni casuali, questi vulcani rimangono in lunghi riposi, durante i quali la neve che si fonde presso la superficie del suolo, filtra attraverso le materie porose di cui questo è composto, e si raccoglie in cavità sotterranee, dalle quali poi hanno origine ruscelli e fiumicelli che vengono a scorrere alla superficie. In queste cavità sotterranee contenenti acqua possono vivere anche pesci, e talvolta avviene, che per qualche terremoto si rompono le pareti che trattengono l'acqua, e questa ne vien fuori in grande quantità, trascinando seco anche i pesci e gran copia di materie terrose, e dando così origine a immensi torrenti di fango, che scendono a ricoprire vaste pianure d' uno strato terroso sparso di numerosissimi cadaveri di pesci. Ai danni prodotti dallo stesso fango si aggiunge così anche quello dell'aria resa cattiva dalla putrefazione di tutti questi pesci.

**74. Causa delle apparenti fiamme dei vulcani.** — È rarissimo che nei vulcani si vedano vere fiamme; nulla invece è nelle eruzioni più comune di quelle apparenze che volgarmente sono prese

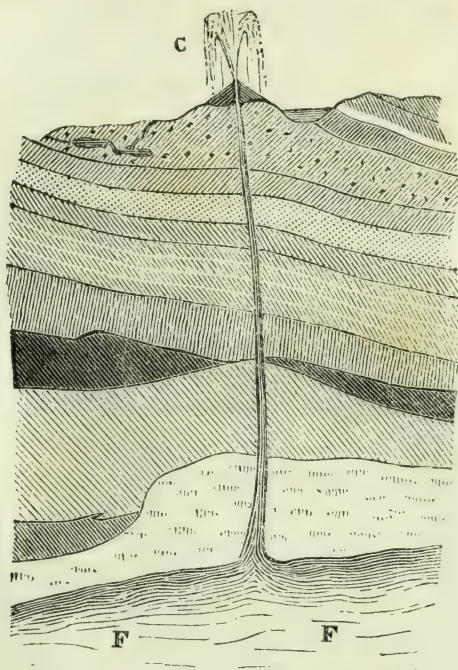
per fiamme; ebbene, queste apparenze sono prodotte dalla luce mandata dalle lave roventi e incandescenti, e riflessa dalle nubi di vapore acqueo, di ceneri, di sabbie che escono in grande quantità dei crateri e delle altre bocche d'eruzione. Non vi ha dunque alcuna vera combustione, ed è dunque un errore chiamare i vulcani *montagne ignivome,* e dire *fuoco* a ciò che essi eruttano.

**75. Isole di origine vulcanica.** — La produzione di vulcani o di crateri vulcanici, non è limitata alle parti asciutte della crosta terrestre, ma può avvenire, anzi avviene frequentissima anche sotto l'acqua del mare. Il fondo dei mari è soggetto a convulsioni come la superficie dei continenti. Quando esso s' innalza, produce alti-fondi, banchi, scogli ed anche isole, che possono rimanere allo stato di vulcano inattivo, oppure anche produrre eruzioni così complete e spaventose, come quelle dei vulcani ordinarii. La forma dell' isola di Palma, una delle Canarie, le cui sommità si elevano a 7000 piedi sul livello del mare, e quella dell' isola Nisivo sono due esempii. L'origine vulcanica di quest'ultima isola fu già nota agli antichi, i quali ne fecero soggetto d' una favola, dicendo che Nettuno, inseguendo Polibate, uno dei giganti che vollero rivoltarsi contro gli Dei, quando fu giunto nel mare Egeo, staccò una parte dell' isola di Coo, e la rovesciò sul gigante, che rimase sotto di essa sepolto. Questo frammento di Coo fu poi detto Nisivo.

Quando il rialzo fatto a cupola del vulcano sottomarino giunge alla superficie del mare, avviene quasi sempre che qualche parte dell'orlo del cratere si rompe, ed entra in questo l'acqua, e ne ha così origine una baja, in cui poco dopo cominciano a crescere in gran numero i polipaj, che formano i così detti banchi di corallo.

**76. Teorie vulcaniche.** — Furono proposte varie teorie per ispiegare i fenomeni vulcanici e per rispondere a queste domande: da che è prodotto il calore che fonde e liquefa le lave? d'onde provengono tutti quei vapori che si vedono in tutte le eruzioni? come hanno origine tutti quei minerali che si trovano nella pasta delle lave e nelle loro fessure? Noi abbiamo ammesso in questo volume che sotto alla crosta solida si trovino delle materie (le lave) in istato fluido, incandescenti, in conseguenza del calore che è proprio della terra fin dalle sue epoche più antiche; che queste lave contengano e sviluppino dei gas; che attraverso la crosta solida possano filtrare le acque del mare, e giungere a trasformarsi in vapore a contatto delle lave; e che questi gas e questi vapori, cercando di farsi strada, producano i terremoti scuotendo la crosta solida, e producano tutti i

fenomeni vulcanici, rompendola, sollevandone delle porzioni, e spingendo e traendo seco le lave all'esterno pei crateri e per le altre bocche vulcaniche. ( Fig. 3 ).

Fig. 3.

Questa è la teoria generalmente adottata dai geologi; con molte variazioni nei particolari; fra le altre merita di essere accennata quella di Davy, il quale voleva spiegare tutto, mediante le solite reazioni che avvengono quando l'acqua viene a contatto dei metalli più ossidabili, quali sono il potassio, il sodio, il calcio, ecc. È un fatto noto a chiunque sa i primi elementi della chimica, che se si mette un pezzetto di potassio a galleggiare sull'acqua (perchè questo è uno dei pochi metalli più leggeri dell'acqua), questa si scompone al suo contatto e produce molto calore, così che il suo idrogeno si accende e l'ossigeno si unisce al potassio, formando della potassa, che si discioglie nell'acqua. Ammettendo che sotto la crosta terrestre si trovino degli ammassi di questi metalli molto ossidabili, e che dell'acqua possa filtrare e giungere fino ad essi, si possono spiegare fino a

un certo punto i fenomeni vulcanici, ma non così bene come colla teoria dianzi indicata.

I limiti prefissi a questo trattatello ci obbligano a passar sotto silenzio molti altri particolari relativi alle teorie vulcaniche, che si trovano esposti nei migliori trattati di geologia.

Dott. Giovanni Omboni.

Napoli e il Vesuvio.

# L' ATMOSFERA

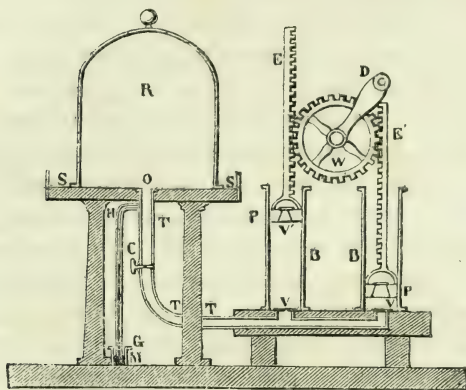



Fig. 6.

**I. Prove sperimentali che l'atmosfera è pesante. — II. Crepa-vesciche. — III. La pressione è eguale in tutte le direzioni. — IV. Spiegazione della pressione dell' aria in una camera. — V. Emisferi di Magdeburgo. — VI. Aspirazione di un liquido in un tubo. — VII. Sperimento di Pascal a Rouen. — VIII Orrore del vuoto. — IX Galileo ed i fontanieri. — X Celebre sperimento di Toricelli. — XI Sperimento di Pascal sul Puy-de Dôme — XII. Determinazione della pressione attuale dell' atmosfera. — XIII. Altezza dell' atmosfera, se ne fosse uniforme la densità. — XIV. Altezza di gran lunga maggiore di un' atmosfera elastica. — XV. La densità dell' aria diminuisce di continuo al crescere dell'altezza. — XVI. Effetti della pressione atmosferica. XVII. Perchè un pezzo di pelle umida si attacca ad un corpo a superficie levigata. — XVIII. Come ci spieghi il camminare delle mosche sulle soffitte — XIX. Respirazione. — XX. Giuoco del soffietto. — XXI. Cocchiume delle botti - coperchio d'un vaso da thè. — XXII. Calamai pneumatici. — XXIII. Siringhe. — XXIV. Siringa di rarefazione. — XXV. Rapidità della rarefazione. — XXVI. Non si può ottenere il vuoto perfetto. — XXVII. Ma vi si può accostarsi indefinitamente. XXVIII. Macchina pneumatica. — XXIX. Siringa di condensazione. — XXX. Macchina pneumatica di compressione.**

## I.

Si sono spiegate in altr'articolo (1) alcune delle principali proprietà dell' aria e fra l' altre quella d' essere pesante e di esercitare delle pressioni. Ora ci proponiamo di ripigliare quell' argomento e di spiegare i mezzi di misurare il peso, l' elasticità ed altre proprietà meccaniche dell' atmosfera.

(1) *Trattato dell'aria,* pag. 25.

## II.

Una delle dimostrazioni più dirette del peso dell' atmosfera si ha nell'esperimento descritto in tutti i trattati popolari di fisica e che si eseguisce con un apparecchio chiamato il crepa-vesciche. Consiste questo in un tubo cilindrico di vetro del diametro di quattro o cinque pollici, aperto ad ambo i capi, e chiuso ad uno di essi con un pezzo di vescica — macerato nell' acqua per renderlo molle e pieghevole — che si lega strettamente in giro al tubo cosichè il lembo umido della vescica aderendo alla superficie esteriore del tubo ed al suo orlo, gli si trova a contatto a perfetta tenuta d' aria. Allora si unge di grasso l' orlo della bocca del tubo rimasta aperta, e lo si adatta al piatto della macchina pneumatica : il grasso lo fa aderire al piatto a perfetta tenuta d' aria. La macchina pneumatica, che si descriverà più innanzi, non è altro che una siringa convenientemente disposta, con cui si può estrarre in parte o del tutto l' aria da un vaso chiuso appoggiato colla bocca al piatto della macchina.

Supponiamo ora, che, per l' azione della macchina, si estragga parte dell' aria imprigionata sotto la vescica; la pressione dell' aria rarefatta che rimane sarà minore di quella dell' aria esterna che non si è rarefatta, e quindi la vescica premuta con maggior forza verso il basso che verso l' alto, cederà alla forza maggiore e si farà concava. Continuando l' azione della tromba ad estrar di mano in mano dell' altr' aria, la prevalenza della pressione all' ingiù diventerà sempre maggiore, e la vescica se non sarà abbastanza robusta da sostenere la cresciuta pressione, verrà sfondata verso l' interno con una detonazione paragonabile ad un colpo di pistola.

## III.

Gli stessi effetti si ottengono qualunque sia la direzione in cui si presenti la bocca del crepa-vesciche, ciò che dimostra che la pressione dell' atmosfera esterna agisce sulla vescica colla stessa gagliardia in tutte le direzioni ; all' ingiù, lateralmente, obliquamente ed all' insù.

## IV.

Anche a coloro che ammettono che sia enorme il peso di una colonna d'aria che si stenda dalla superficie della terra al più alto limite dell' atmosfera, questo sperimento eseguito in una camera riesce bene spesso maraviglioso ed inesplicabile: perchè, comunque sia pe-

sante una colonna d'aria che si elevi fino ai confini dell'atmosfera, non sanno capire che possa avere tanto peso una colonna d'aria che termini alla soffitta della stanza. È certo, dicono, che l'acqua è molto più pesante dell'aria, eppure una colonna di questo liquido alta fino al soffitto, non avrebbe un peso paragonabile a quello che fa crepare la vescica.

Si scioglie questa difficoltà colla proprietà comune a tutti i corpi fluidi, che una pressione si trasmette colla stessa intensità liberamente in tutte le direzioni entro il fluido, proprietà che abbiamo illustrata coll'esperimento della bottiglia, descritto nel già citato *Trattato dell'Aria*. L'aria contenuta in una camera non è *direttamente* sotto la pressione d'una colonna atmosferica che si stenda indefinitamente all'insù; ma è premuta dall'aria esterna a tutte le aperture per cui può avere accesso nella stanza, e questa pressione che deriva dal peso sovrincumbente di una simile colonna atmosferica al di fuori della camera o della casa, si trasmette liberamente al di dentro, cosicchè l'aria della stanza ne è affetta esattamente allo stesso modo e nella stessa misura che se sostenesse immediatamente il peso sovrincumbente d'una colonna, stendentesi fino in cima dell'atmosfera.

## V.

Avvi un altro sperimento famigliare che illustra in modo sorprendente ed instruttivo la pressione atmosferica e che si conosce col nome di sperimento degli emisferi di Magdeburgo. L'apparecchio così chiamato è rappresentato dalla fig. 1. Consiste in due mezze sfere cave, di ottone, cogli orli accuratamente levigati per modo che si possano far combaciare a tenuta d'aria, quando siano unti di grasso.

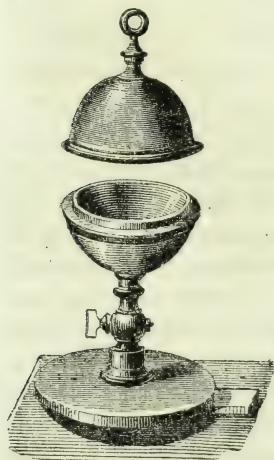



Fig. 1.

Fermato allora l'apparecchio sul piatto della macchina pneumatica si può cavarne l'aria, operando un vuoto parziale nello spazio racchiuso dagli emisferi. Così l'aria esterna premerà gli emisferi l'uno contro l'altro con una forza proporzionale alla differenza tra la pressione dell'aria esterna e quella dell'aria interna rarefatta. Quando la rarefazione sia sufficiente, si chiude il robinetto di cui è munito l'emisfero inferiore, si svita l'apparecchio dal piatto della macchina pneumatica e si avvita un'impugnatura all'emisfero più basso. Allora

due uomini dei più robusti non sono capaci di strappare un emisfero dall'altro, purchè questi siano di una certa grandezza, perchè non riescono vincere la pressione che li tiene attaccati. Se, per esempio, la pressione dell'aria interna rarefatta corrispondesse ad una colonna di mercurio, alta cinque centimetri, mentre la pressione dell'aria esterna è misurata da settantacinque centimetri di mercurio, quella forza arriverebbe a chilogrammi 0,95 per ogni centimetro quadrato della sezione degli emisferi.

Supposto che il diametro degli emisferi sia di dieci centimetri, l'area della loro sezione sarebbe di circa 314 centimetri quadrati, quindi la forza che li preme uno contro l'altro sarebbe di circa

$$314 \times 0,95 = 298^{chil.}, 3$$

Il nome dell'apparato deriva dalla città, dove l'inventore della macchina pneumatica, Ottone di Guericke, eseguì per la prima volta l'esperimento. La sezione degli emisferi da lui adoperati, misuravano 725 centimetri quadrati, epperò la forza che li teneva uniti arrivava quasi a tre quarti d'una tonnellata.

Siccome l'atmosfera avvolge la terra, stendendosi dovunque ad un altezza quasi uniforme sulla sua superficie, essa premerà qualunque parte della superficie medesima, quella dei continenti e delle isole al pari di quella dei mari e dei laghi, con una forza eguale a quella che la si è veduta esercitare sul crepavesciche e sugli emisferi di Magdeburgo.

## VI.

Si immerga uno dei capi d'un tubo di vetro in un vaso d'acqua, e succhiando colla bocca applicata all'altro capo, se ne estragga parzialmente l'aria. Si scorgerà immediatamente entrare l'acqua nel tubo e salirvi sempre più in alto di mano in mano che se ne aspirerà l'aria colla bocca. Questo semplice sperimento, che i fanciulli ripetono le mille volte per gioco, fornisce il mezzo di pesare una colonna d'aria che si estenda dalla superficie del terreno ai limiti dell'atmosfera, con altrettanta precisione che se si potesse porre la colonna sopra un piatto d'una bilancia ed equilibrarla con pesi equivalenti sull'altro. L'acqua sale nel tubo perchè la pressione dell'aria interna diminuita dall'aspirazione della bocca, è minore della pressione esercitata dall'atmosfera sulla superficie dell'acqua del vaso. Prevalendo dunque, quest'ultima pressione, essa spinge l'acqua nel tubo ad una certa altezza. Il peso della colonna d'acqua sostenuta nel

tubo è precisamente eguale all'eccesso del peso d'una colonna d'aria che si stenda da terra ai confini dell'atmosfera, sulla pressione dell'aria che rimane nel tubo; dal che segue, che se il tubo fosse abbastanza lungo, e se mediante l'aspirazione della bocca si potesse estrarne tutta l'aria, dovrebbe salire nel tubo una colonna d'acqua di peso precisamente eguale a quello d'una colonna d'aria corrispondente, estesa dal suolo ai limiti dell'atmosfera.

## VII.

Ora un simile sperimento venne eseguito effettivamente da Pascal a Rouen nel 1646. Si preparò un tubo della lunghezza di circa 14 metri, ma siccome si reputava impraticabile l'estrazione dell'aria col mezzo dell'aspirazione, si superò questa difficoltà col chiudere prima il tubo ad un capo e poi riempirlo d'acqua. Dopo averne allora ben turata la bocca superiore, per impedire che ne uscisse l'acqua, si capovolse il tubo col mezzo di un opportuno congegno di corde e di carrucole, ed immersa la bocca turata in un recipiente d'acqua e rizzato il tubo in posizione verticale, si levò il turacciolo. Immediatamente la colonna d'acqua s'abbassò nel tubo, ma invece di discendere tutta nel vase sottoposto, come si sarebbe potuto aspettare, vi rimase sospesa ad un altezza di circa 10 metri sul livello dell'acqua nel serbatojo: gli altri *quattro* metri del tubo rimasero vuoti.

Conseguiva da ciò che una colonna d'acqua dell'altezza di 10 metri, bilanciava esattamente una colonna d'aria corrispondente estesa da terra ai limiti dell'atmosfera.

Emerge dunque da questo celebre sperimento che ogni parte della superficie del globo, sia terra ferma o sia acqua, soggiace alla stessa pressione che sosterrebbe se fosse al fondo d'uno strato d'acqua alto 10 metri.

## VIII.

Riandando i progressi delle scoperte fisiche fatte nei primi tempi in questo ramo della scienza, e considerando i numerosi fenomeni che la natura offre di continuo e spontaneamente anche ai meno attenti ed ai meno perspicaci, non può a meno di eccitare sorpresa questo fatto che le proprietà più volgari e più ovvie di quel fluido universalmente diffuso che ne circonda da ogni parte, e di cui l'umanità in ogni epoca ed in ogni paese si prevalse così estesamente per gli usi

della vita, siano rimaste non solo non iscoperte, ma del tutto fraintese. Anche coloro che pretendevano alla qualità ed al nome di filosofo pareva che avessero deviato dal sentiero piano d'investigazione segnato a dito dalla natura, poichè e con un totale pervertimento d'idee e con una fatale ostinazione applicarono le loro facoltà ad inventare teorie ed ipotesi fantastiche e di così poca verisimiglianza che ora basta euunciarle per rilevarne la ridicolaggine.

Gli antichi filosofi avevano osservato, che in tutti i casi venuti comunemente a loro notizia, lo spazio era sempre occupato da qualche sostanza materiale. Nello stesso istante che con un mezzo qualunque se ne rimoveva un solido od un liquido, immediatamente l'aria circostante vi si precipitava, riempiendo lo spazio abbandonato, quindi adottarono il principio fisico che la *natura ha orrore del vuoto.* Questa proposizione si deve riguardare come una espressione figurativa o poetica di una supposta legge fisica, la quale dicesse non potere esistere alcuno spazio vuoto di materia.

Probabilmente una delle prime maniere in cui si presentò la pressione atmosferica, fu nell'effetto dell'aspirazione col mezzo della bocca, più indietro descritto. Si spiegò questo fenomeno dichiarando che la « natura abborriva dal vuoto » e che perciò forzava l'acqua a salire nel tubo e riempire lo spazio lasciato dall'aria.

Gli effetti del succhiare colla bocca presentavano una analogia naturale coll'aspirazione prodotta artificialmente. Se in un cilindro cavo, aperto ai due capi, si abbassa fino alla bocca inferiore uno stantuffo che vi scorra a tenuta d'aria, e poi immersa questa bocca nell'acqua si tira in su lo stantuffo, resterà uno spazio vuoto tra lo stantuffo e l'acqua. « Ma la natura aborre il vuoto, » dicevano gli antichi, « quindi l'acqua non lascierà inoccupato quello spazio: si trova infatti che al salire dello stantuffo, l'acqua lo segue. » Dietro questa teoria fantastica si costrussero trombe di varie maniere.

## IX.

L'antipatia della natura per il vuoto fece le spese della filosofia per una ventina di secoli; quando avvenne al tempo di Galileo, cioè verso la metà del secolo decimosettimo, che alcuni fontanieri incaricati di costruire presso Firenze una tromba d'insolita profondità, trovarono che non v'era mezzo di far salire l'acqua nella canna a più di 32 piedi d'altezza. Venne consultato Galileo, e si dice che rispondesse mezzo seriamente e mezzo per ischerzo che l'orrore della natura per il vuoto si limitava all'altezza di 32 piedi e che cessava

al di là di questo limite. Però la risposta, qualunque ella sia stata, non sembra che fosse soddisfacente e la quistione continuò ad eccitare l'attenzione di tutti.

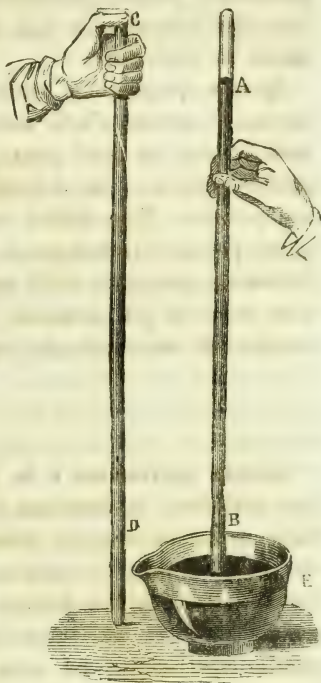
## X.

Dopo la morte di Galileo, Torricelli, suo allievo, che divenne poi così celebre, attese a risolverla. Egli arguì, che qualunque fosse la causa che sosteneva la colonna d'acqua nella tromba, il peso dell'acqua doveva essere la misura della forza impiegata a sostenerla; e che perciò se si fosse adoperato un altro liquido più pesante dell'acqua a parità di volume, la stessa forza avrebbe dovuto tenere sollevata una colonna di quel liquido di altezza tanto minore, di quanto il peso ne sarebbe relativamente maggiore. Adoperando dunque un liquido più pesante, per esempio del mercurio, la colonna sostenuta sarà molto più breve e l'esperimento sarà di molto più facile esecuzione.

Fig. 2. Fig. 3.

Il mercurio essendo a parità di volume 13 volte e mezza più pesante dell'acqua, ne conseguiva che se la forza attribuita al vuoto valeva a sostenere 32 piedi di acqua, doveva necessariamente tener sollevata una colonna di mercurio 13 volte e mezzo più bassa, cioè alta circa 28 pollici. Torricelli fece dunque il seguente sperimento divenuto poi così famoso nella storia delle scienze fisiche.

Si procurò egli un tubo di vetro CD, fig. 2, lungo più di 30 pollici, aperto ad un capo C e chiuso all'altro D. Riempiuto il tubo di mercurio, ed applicato il dito alla bocca aperta C del tubo, per impedirne l'uscita del liquido, lo capovolse, immergendo l'estremo C nel mercurio contenuto in una vaschetta E, fig. 3.

Sottratto il dito, egli osservò che il mercurio s'abbassò nel tubo ma non cadde tutto nella vaschetta; si arrestò quando la sua superficie, A fu ad un altezza di circa 28 pollici sul livello del mercurio nel pozzetto.

Questo risultato, che era precisamente quello predetto da Torricelli, dimostrava chiaramente l'assurdità dell'asserzione attribuita a Galileo, che l'orrore della natura per il vuoto arrivasse fino all'altezza di 32 piedi, poichè in questo caso l'antipatia si limitava a 28 pollici. In fine Torricelli scoprì bentosto la vera causa del fenomeno.

Il peso dell'atmosfera, agendo sulla superficie libera del mercurio nella vaschetta sostiene il liquido nel tubo. Ma la superficie A a cui è intercettata la comunicazione coll'atmosfera, è libera da questa pressione; perciò, la colonna di mercurio AB, premuta all'insù dal peso dell'atmosfera e non spinta all'ingiù da nessun altra forza, rimane in equilibrio.

Questa spiegazione venne ulteriormente confermata dal fatto che lasciando entrare l'aria nella parte superiore del tubo A, collo spezzare il vetro in quel punto, o coll'aprire un robinetto ivi appositamente disposto, la colonna di mercurio precipita istantaneamente nel pozzetto. Tale difatti era precisamente l'effetto che doveva seguire perchè l'introduzione dell'aria sulla colonna A equilibrava la pressione esercitata sulla superficie del mercurio nella vaschetta, e non esisteva più nessuna forza atta a tenere sospesa nel tubo la colonna di mercurio che cadeva perciò nel pozzetto.

## XI.

Questo sperimento e la sua spiegazione eccitarono, all'epoca di cui parliamo, la massima sensazione nel mondo scientifico, e come tutte le nuove scoperte tendenti a rovesciare delle dottrine invalse da lungo tempo, fu rigettato dalla maggior parte degli scienziati. Il celebre Pascal, che fioriva a quei tempi, ebbe però la sagacità di sentire la forza del raziocinio di Torricelli e propose di soggettare quello sperimento ad una prova che doveva por termine ad ogni quistione ulteriore sul medesimo. « Se, diceva Pascal, è propriamente il peso dell'atmosfera in cui viviamo, che tiene sospesa la colonna di mercurio nel tubo torricelliano, trasportandolo in alto nell'atmosfera, a proporzione che lascierà sotto di sè una quantità d'aria di mano in mano maggiore, e ne avrà quindi una minor quantità sopra di sè, dovrà restare sollevata nel tubo una colonna sempre più piccola, perchè per la cresciuta elevazione del tubo, diminuirà il peso dell'aria sul medesimo, che Torricelli ha dichiarato essere la forza che la sostiene. »

Pascal fece dunque portare il tubo di Torricelli sulla cima d'un alta montagna, chiamata Puy-de-dôme, nell'Alvernia, e notare esat-

tamente l'altezza della colonna durante la salita. Si trovò, in conformità al principio enunciato da Torricelli, che la colonna diminuiva gradatamente d'altezza di mano in mano che si portava più in alto l'istrumento. Ripetuto con pari successo l'esperimento sopra un alta torre di Parigi, non rimase più alcun dubbio sul fatto che la colonna di mercurio nel tubo, come pure la colonna d'acqua nelle trombe ordinarie è sostenuta, non dalla forza volgarmente chiamata di aspirazione, nè dall'orrore della natura per il vuoto, ma unicamente dal peso dell'aria sovrincumbente che agisce in un caso sulla superficie del mercurio, e nell'altro sulla superficie dell'acqua nel pozzo in cui termina la tromba.

## XII.

Lo strumento adoperato nell'esperimento di Torricelli, non è altro che il barometro comune.

In altro apposito trattato (1) si sono spiegate la maniera di costruirlo e di montarlo per renderlo maneggiabile e le precauzioni necessarie ad assicurare la certezza e la precisione delle sue indicazioni; per ora basterà che si ritenga in generale che la colonna di mercurio AB, sospesa nel tubo di vetro, controbilancia e perciò misura il peso di una colonna atmosferica di sezione corrispondente, estesa dalla superficie B del mercurio nella vaschetta indefinitamente all'insù.

Si è fatto vedere in altra occasione che l'aria nel suo stato ordinario è 772 volte e mezza più leggiera dell'acqua: ora l'acqua è 13 volte e mezza più leggiera del mercurio, dunque l'aria sarà 13 volte e mezza 772 volte e mezza più leggiera del mercurio. Moltiplicando 772 1/2 per 13 1/2 risulta 10429. Segue da ciò che 10429 centimetri cubici d'aria pesano come un centimetro cubico di mercurio.

## XIII.

Se l'atmosfera, in ogni successivo strato avesse costantemente la medesima densità, cosicchè un centimetro cubico d'aria presa a qualunque altezza avesse lo stesso peso, lo sperimento descritto ci porrebbe in grado di determinarne immediatamente l'altezza totale; perchè, se una colonna di mercurio alta 28 pollici o 76 centimetri, pesa sempre come una colonna d'aria estesa dalla superficie della terra fino ai limiti dell'atmosfera, e se il peso del mercurio, a pari

(1) Trattato sul Barometro vol. III.°

volume, è 10429 volte quello dell'aria, è evidente che l'altezza d'una colonna d'aria pesante come una di mercurio deve essere eguale a 10429 volte l'altezza di questa; deve essere, cioè, 10429 volte 76 centimetri, ossia 7926 metri, od assai prossimamente 8 chilometri.

Dobbiamo dunque inferirne che l'altezza dell'atmosfera non sia realmente maggiore di 8 chilometri? Vi sono migliaja di prove in contrario. L'altezza della vetta del monte Dhwalagiri, nella catena dell'Himalaya, venne stimata a più di 8500 metri, e su di essa si veggono sospese molto più in alto le nubi. L'atmosfera si stende dunque ad un altezza assai maggiore di 8000 metri.

## XIV.

L'altezza di otto chilometri è quella che avrebbe l'atmosfera, se l'aria fosse un fluido simile all'acqua, in cui si potesse ammucchiare strato a strato fino a qualunque altezza, senza produrre nessuna compressione negli strati inferiori, in causa del peso degli strati sovraposti. Ma l'aria non ha questa proprietà. Si è anzi mostrato in altra occasione, che è compressibile illimitatamente, e che non è soltanto compressibile ma anche espansibile. L'aria in cui viviamo, che forma lo strato infimo dell'atmosfera, è premuta da tutto il peso delle serie di strati d'aria che gli stanno dissopra, peso, che come s'è già detto, ascende ad 1,033 chilogrammi per ogni centimetro quadrato di superficie. Ora se si assoggetta ad una pressione doppia di questa una qualsiasi quantità d'aria, essa si restringe ad occupare metà del volume di prima, e perciò raddoppia di densità; e se invece la si solleva di metà di questa pressione si espande ad occupare un volume doppio del primo, e la sua densità si riduce a metà. In una parola, il grado di densità dell'aria dipende dalla pressione a cui è sottoposta. Aumentando o diminuendo la pressione, la densità dell'aria cresce o diminuisce precisamente nella stessa misura.

## XV.

L'aria essendo dunque elastica e quindi compressibile ed espansibile indefinitamente, ne consegue che la densità deve decrescere continuamente negli strati atmosferici di mano in mano che sono più alti, perchè, la quantità d'aria che sta sopra ciascuno strato successivo, diventando a gradi a gradi più piccola, deve scemare in proporzione il peso di cui sono gravati gli strati, e perciò deve scemare nella stessa proporzione anche la densità degli strati medesimi.

Di qui appare che l'effettiva altezza dell'atmosfera deve essere di gran lunga maggiore di otto chilometri. Se si immagina distinta l'atmosfera nel senso dell'altezza in tanti strati di cui ciascuno contenga una stessa quantità in peso di aria, lo spessore di questi strati dovrà crescere di mano in mano che si va più in alto. Così, se lo strato infimo si ritiene grosso 10 metri, un altro strato situato a tale altezza da avere sotto di sè metà dell'atmosfera, dovrà essere grosso 20 metri, perchè non essendo soggetto che a metà della pressione del primo, dovrà avere metà densità ed occupare quindi un volume doppio del suo. Similmente uno strato a tale altezza da avere sotto di sè tre quarti d'atmosfera, non sopportando che un quarto della pressione del primo avrà uno spessore di 40 metri e così di seguito.

L'aria dunque, andando in su, diviene sempre più diradata. Difatti le persone che sono ascese a grandi altezze nei palloni o sulle montagne si trovarono in un' atmosfera così rarefatta da disturbare seriamente le funzioni vitali.

## XVI.

I varii fenomeni comunemente detti di aspirazione non sono altro che effetti svariati della pressione atmosferica.

## XVII.

Se si fa combaciare a contatto strettissimo un pezzo di pelle umida con un corpo pesante a superficie levigata come sarebbe una pietra od un pezzo di metallo, la pelle vi aderisce e se ad essa sarà attaccata una corda si potrà con questa sostenere la pietra od il metallo.

Quest' effetto dipende dall'essere cacciata l' aria tra la pietra e la pelle. Il peso dell' atmosfera preme l' una contro l' altra le loro superficie con una forza equivalente ad 1,033 chilogrammi per ogni centimetro quadrato dalla superficie di contatto.

## XVIII.

Si spiega collo stesso principio come le mosche ed altri insetti possano camminare sulla soffitta, su pezzi levigati di legno e sopra altre simili superficie; quasi che il loro corpo non fosse soggetto all'azione della gravità. I loro piedi sono forniti di un apparecchio affatto simile a quello della pelle applicata al sasso.

## XIX.

Nell'atto della respirazione agiscono tanto la pressione che l'elasticità dell'aria. Quando inspiriamo l' aria, aumentiamo con uno sforzo muscolare la capacità del petto. La pressione atmosferica vi spinge l'aria esterna. Con un secondo ed opposto sforzo muscolare si contrae poi il petto, per cui viene compressa l'aria inspirata, che, acquista così una forza elastica superiore alla pressione atmosferica e ne è forzata ad uscire dalla bocca e dalle narici.

## XX.

Affatto simile è il giuoco d'un soffietto comune, tranne che l'apertura per cui entra l'aria è diversa da quella per cui viene espulsa. L'analogia sarebbe però intera se si inspirasse l'aria dalla bocca e la si espirasse dal naso. Quando si allontanano le pareti del soffietto, se ne ingrandisce la capacità interna e l'aria vi è spinta dentro, per l'apertura governata dalla valvola di cuojo. Premute poi le pareti l'una contro l'altra ed impedita l'uscita dell'aria dall'apertura pel chiudersi della valvola, essa si comprime fino ad acquistare una forza elastica maggiore della pressione atmosferica ed è cacciata fuori. I grandi soffietti si costruiscono con una parete intermedia, in modo che contengono due concamerazioni e danno un soffio continuo invece di uno intermittente. Non sono altro che un soffietto doppio di cui uno spinge l'aria nella camera dell'altro, e questa è gravata da una pressione non interrotta, prodotta di solito da un peso attaccato alla parete superiore.

## XXI.

L'effetto del cocchiume in una botte di liquido si spiega anch'esso colla pressione atmosferica. Se la botte è a tenuta d'aria, finchè il cocchiume rimane in posto, la superficie del liquido nel recipiente è sottratta alla pressione atmosferica e così esso non sgorga dalla spina che in causa del proprio peso. Se la pressione atmosferica è maggiore del peso d'una colonna liquida d'altezza corrispondente alla profondità del liquido nella botte, il liquido non ne può uscire; ma appena si tolga il cocchiume, la pressione atmosferica agisce sul livello del liquido nella botte, ed esso sgorga dalla spina in forza del suo peso.

Se il coperchio d'un vaso di thè o d'una caffettiera lo chiudesse ermeticamente, il liquido non uscirebbe dal cannello perchè la pressione atmosferica sarebbe esclusa dalla sua superficie interna. Perciò v' è di solito un piccolo buco nel coperchio che lascia passar l' aria e permette che il liquido sgorghi liberamente.

## XXII.

Vi sono dei calamai costrutti in modo di togliere l'inconveniente dello spessire e dell' asciugarsi dell' inchiostro. Uno di essi è rappresentato dalla fig. 4; AB, è un vaso di vetro chiuso dal cui fondo parte un breve tubo BC, profondo quanto basti per potervi tuffare la penna. Si versa l' inchiostro in C, tenendo in posizione obliqua il calamajo che si riempie a poco a poco fino al bottone A collocandolo poi nella posizione rappresentata dalla figura, l'aria rimane intercettata dalla camera AB, che è piena di liquido, e la pressione tendente a far salire l' inchiostro nel breve tubo C è misurato dal peso della colonna d' inchiostro nella camera AB ed avente per base la sezione del tubo C. La pressione atmosferica, che è molto maggiore di quella della colonna liquida nel calamajo, impedirà all' inchiostro di alzarsi nel tubo C. Di mano in mano che si consuma, per l'uso, l' inchiostro nel corto tubo C, la sua superficie va abbassandosi gradatamente fino ad essere a livello del tubo orizzontale B, allora s' introduce traverso B una piccola bolla d'aria che si porta in cima della camera AB, e vi esercita una pressione elastica per la quale s' innalza un pochetto la superficie dell' inchiostro in C; e quest' effetto si ripeterà continuamente fintanto che non si sarà adoperato tutto l' inchiostro del calamajo.

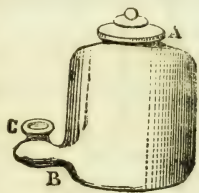



Fig. 4.

Quel rumore particolare di gorgoglío che si ode nel versare il vino, deriva dalla pressione atmosferica che spinge l' aria nella bottiglia a rimpiazzare il liquido che ne sgorga.

## XXIII.

La siringa comune con cui si estrae l'aria da un vaso, o la si costipa in esso trae interamente la sua efficacia da questa proprietà dell'elasticità dell' aria.

Lo strumento si chiama siringa di rarefazione, o di condensazione secondo che serve ad estrarre l'aria da un vaso od a spingervela dentro.

## XXIV.

Per spiegare il principio della siringa di rarefazione, rappresentiamo con AB (fig. 5) un tubo cilindrico in cui scorra a tenuta d'aria uno stantuffo massiccio P. Dal suo fondo esce un tubo C munito di chiave pneumatica e vi è lateralmente un altro tubo B munito pure di chiave pneumatica. Il tubo C si avvita ad un recipiente qualsiasi R, da cui si vuol cavare l'aria.

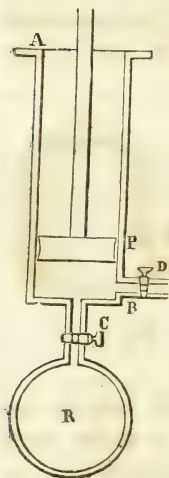



Fig. 5.

Alzando ora lo stantuffo nel tubo, mentre resta chiuso il robinetto D ed aperto il rubinetto C, l'aria di R si espanderà necessariamente per la propria elasticità, riempiendo lo spazio lasciato libero dalla salita dello stantuffo. Infatti l'aria che prima riempiva il vaso R ed il tubo di congiunzione, ora riempirà quelli spazii, più quello rimasto vuoto nel cilindro. Quando lo stantuffo sarà giunto in cima al cilindro, si chiuda la chiave C e si apra la D. Cacciando in giù lo stantuffo, l'aria che riempie il cilindro sarà espulsa dal tubo B traverso il robinetto aperto D. Toccato che abbia lo stantuffo, il fondo del cilindro, si chiuda D e si apra C, e si ripeterà lo stesso processo: l'aria che riempie R si espanderà come prima, in modo di riempire il recipiente ed il cilindro. Aperto di nuovo C e chiuso D, e spinto abbasso lo stantuffo si espellerà ancora l'aria che riempie il cilindro. Continuando a questo modo, si potrà cavare dal recipiente R qualsiasi quantità della sua aria, ed espellerla nell'atmosfera.

È evidente che l'espandersi dell'aria da R nel cilindro accade in virtù della sua elasticità: mentre il suo sfuggire dal robinetto D nell'atmosfera si effettua in virtù della sua compressibilità.

## XXV.

È facile a trovare la proporzione in cui viene estratta l'aria dal recipiente R mediante questo processo. Se supponiamo che il volume del cilindro in cui scorre lo stantuffo, sia per esempio un decimo della capacità totale del recipiente e del condotto di communicazione

presi assieme, è chiaro che compiuta la prima corsa all'ingiù dello stantuffo, sarà cacciato fuori $\frac{1}{10}$ dell' aria racchiusa fra lo stantuffo e la superficie del recipiente R e che quindi ne resteranno $\frac{9}{10}$.

Ad ogni successivo colpo di stantuffo, verrà espulso $\frac{1}{10}$ dell' aria rimasta dopo il colpo precedente, di cui rimarranno analogamente $\frac{9}{10}$. Supposto che il recipiente R ed il condotto di comunicazione contengano una quantità d'aria pesante dieci milioni di grani, la quantità d'aria espulsa ad ogni successivo corso dello stantuffo, la quantità rimanente, e la quantità d'aria estratta in complesso dal principio, dell'operazione, saranno quelle indicate dalla seguente tavola.

| NUMERO DEI COLPI DI STANTUFFO. | GRANI D'ARIA ESTRATTI AD OGNI COLPO. | GRANI D'ARIA RIMASTI NEL RECIPIENTE. | NUMERO TOTALE DEI GRANI D'ARIA ESTRATTI. |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,000000 | 9,000000 | 1,000000 |
| 2 | 900000 | 8.100000 | 1.900000 |
| 3 | 810000 | 7,290000 | 2,710000 |
| 4 | 729000 | 6.561000 | 3,439000 |
| 5 | 656100 | 5,904900 | 4,095100 |
| 6 | 590490 | 5,314410 | 4.685590 |
| 7 | 531441 | 4.782969 | 5,217031 |
| 8 | 478297 | 4.304672 | 5.695328 |
| 9 | 430467 | 3.874205 | 6,125795 |
| 10 | 587421 | 3.486784 | 6 513216 |
| 11 | 348678 | 3.138106 | 6.861894 |
| 12 | 313811 | 2.824295 | 7,175705 |

Così dopo dodici colpi di stantuffo, dei dieci milioni di grani d' aria contenuti da principio nel recipiente, e nel condotto, ne saranno stati estratti più di sette milioni, o circa sette decimi del totale, e resterà qualche cosa meno dei tre decimi.

## XXVI.

Si sarà quindi prodotta una rarefazione in una proporzione alquanto maggiore di tre a dieci. Ma è chiarissimo che continuando per quanto si voglia questo processo di rarefazione, non si potrà mai ottenere un vuoto assoluto, perchè dovrà sempre restare nel recipiente R qualche porzione d'aria, comunque piccola. Dopo ciascuna corsa dello stantuffo, rimangono nel recipiente i nove de-

cimi dell'aria che vi era prima della corsa. Ora è manifesto che da una quantità si toglie un decimo, poi si leva un decimo del residuo, poi un decimo del nuovo residuo e si seguita in questo modo, dovrà sempre rimanere qualche avanzo, per quanto si prolunghi l'operazione: e lo stesso si può dire qualunque sia la frazione che si sottrae successivamente.

## XXVII.

Tuttavia, se in questa maniera non si può raggiungere il vuoto perfetto, si può però, continuando l'operazione, portare la rarefazione a qualunque limite si desideri.

In pratica, i robinetti C e D sono sostituiti da valvole. In D vi è una valvola che, aprendosi all'infuori, è forzata ad aprirsi dall'elasticità dell'aria compressa sotto lo stantuffo mentre questo si abbassa, ma rimane chiusa durante la sua ascesa per effetto della pressione atmosferica esteriore. La valvola C si apre all'insù e viene aperta dall'elasticità dell'aria in R all'alzarsi dello stantuffo, e viene tenuta chiusa dall'elasticità dell'aria chiusa nel cilindro quando lo stantuffo s'abbassa. Invece di porre un tubo ed una valvola in B, si suole collocare nello stesso stantuffo una valvola che si apre verso l'alto: ma il giuoco è sempre il medesimo. Si può dunque dire in poche parole che una siringa di rarefazione si compone d'un cilindro con due valvole, una al fondo che si apre verso l'alto e l'altra nello stantuffo che si apre dalla medesima parte. Quando si solleva lo stantuffo, la valvola in fondo al cilindro viene aperta dalla pressione dell'aria sottoposta, e l'aria la passa a traverso. Quando si caccia in giù lo stantuffo, la sua valvola viene aperta dall'elasticità dell'aria compressa sotto il medesimo, e l'aria esce traverso ad essa.

## XXVIII.

La macchina pneumatica è un apparecchio composto generalmente di due siringhe di rarefazione, BB, fig. 6, (p. 587), disposte in modo da poterle far agire entrambe con un solo manubrio, mediante una ruota dentata, come si vede in D, e che comunicano per mezzo di un condotto comune T con una campana R di vetro, sotto cui si pongono gli oggetti dell'esperimento. L'orlo S della campana R, è smerigliato e riposa sopra un piatto similmente smerigliato, con cui lo si fa combaciare a tenuta d'aria ungendolo di grasso. Nel condotto T si trova un robinetto C con cui si può stabilire o togliere a pia-

cere la comunicazione tra la campana R e le siringhe. Altrove vi è un secondo robinetto, per cui si può aprire una comunicazione fra l'interno della campana e l'aria esterna. Vi è un provino a mercurio, costrutto in una maniera affatto somigliante ai barometri, che segna ad ogni momento il grado della rarefazione operato dalle siringhe. L'atmosfera preme sulla superficie del mercurio nella vaschetta M, mentre la colonna di mercurio nel tubo HG è premuta dall'aria rarefatta di R. Così l'altezza della colonna sospesa nel tubo misura la differenza tra la pressione dell'aria esterna e di quella della campana.

Quando il provino ha la forma rappresentata dalla fig. 6, è necessario che sia alto circa 76 centimetri, giacchè, quando si raggiunga un grado assai elevato di rarefazione, la colonna di mercurio sostenuta nel tubo H G, sarà poco minore di quella d' un barometro comune. Nelle piccole macchine, dove riescirebbe incomoda quest' altezza, si adopera un provino a sifone, come quello rappresentato dalla fig. 7. Esso viene avvitato ad un condotto che comunica colla campana. Il mercurio riempie per intero il braccio A B, che è chiuso alla cima in A, e parzialmente il braccio S. Quando l'atmosfera comunica liberamente col tubo D C, premendo con tutta la sua forza sulla superficie del mercurio in S, sostiene tutto il mercurio che può essere contenuto nel braccio A B, e questo ne rimane dunque pieno per intero: ma quando il tubo D C S è posto in comunicazione colla campana in cui si fa il vuoto, non agendo sulla superficie del mercurio in S che la pressione dell'aria rarefatta della campana, prevale il peso della colonna più alta in A B, ed il mercurio vi si abbassa finchè la differenza di livello nei due bracci eguagli la pressione dell'aria rarefatta della campana.

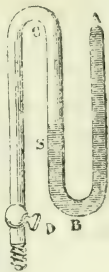



Fig. 7.

## XXIX.

La siringa di condensazione non differisce da quella di rarefazione che per la direzione in cui si aprono le valvole. Si compone d'un cilindro e d'uno stantuffo, simili a quelli rappresentati nella fig. 5. Tirando insu lo stantuffo, s'apre il robinetto D e si chiude C ed il cilindro si riempie d'aria entratavi dall'atmosfera. Spingendo abbasso lo stantuffo, si chiude il robinetto D e si apre C, e l'aria che riempiva il cilindro viene cacciata nel recipiente R. Rialzando lo stantuffo, si chiude ancora C e s'apre D, e si ripetono gli effetti di prima. È evidente che ad ogni colpo di stantuffo, viene spinta nel recipiente R tutta l'aria contenuta nel cilindro.

In pratica ai robinetti D e C si sostituiscono delle valvole, una al fondo del cilindro, e l'altra nello stantuffo, che si aprono entrambe verso il basso, a differenza di quelle della siringa aspirante.

L'azione si spiega nello stesso modo.

## XXX.

La macchina pneumatica di compressione è un apparecchio che ha colla siringa di condensazione la stessa relazione che la macchina pneumatica ordinaria ha colla siringa aspirante. Si compone di una o due siringhe prementi, disposte in modo di poterle comodamente far muovere con un manubrio, e che comunicano con un recipiente robusto, fermato sopra un piatto in modo da combaciarvi a tenuta d'aria malgrado la gagliarda pressione dell'aria costipata sotto di esso. Per l'azione delle siringhe vengono spinti di continuo sotto al recipiente dei volumi d'aria corrispondenti alle loro capacità, ed esso viene quindi riempiuto d'un'aria in proporzione più densa dell'atmosfera esteriore.

Prof. R. Ferrini.

# TUONO, FULMINE ED AURORA BOREALE

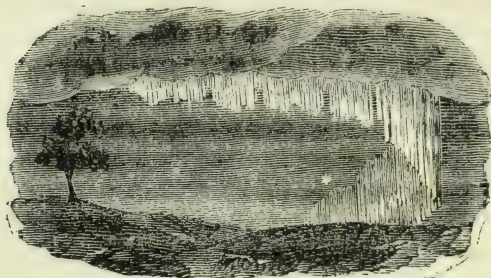



Fig. 4.

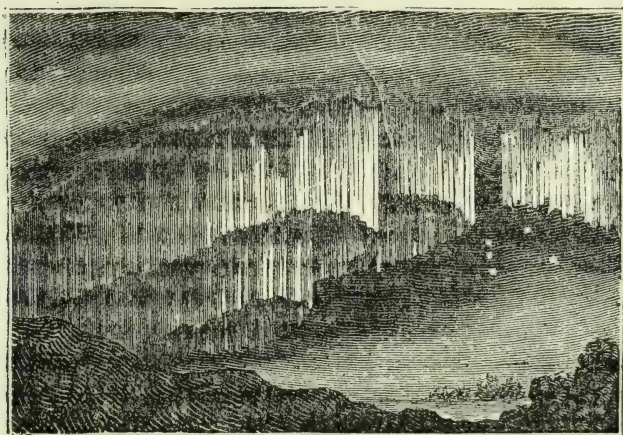



Fig. 5.

I. Elettricità atmosferica. — II. L'aria generalmente è carica di elettricità positiva. — III. Variazioni ed eccezioni. — IV. Variazioni diurne dell' intensità elettrica. Osservazioni di Quetelet. — V. Variazioni ed eccezioni irregolari e locali. — VI. Variazioni dipendenti dalla stagione e dal tempo. — VII. Mezzi di osservare l'elettricità atmosferica. — VIII. Maniera di riconoscere la condizione elettrica degli strati più alti. — IX. Rimarcabili sperimenti di Romas, 1757. — X. È varia la carica elettrica delle nubi. — XI. Tuono e fulmine. — XII. Forma ed estensione del lampo. — XIII. Causa del brontolío del tuono. — XIV. Dipende dalla forma a zigzag del lampo. — XV. Dipende dalla distanza variabile delle differenti parti del lampo. — XVI. Dipende dai fenomeni dell'eco e della interferenza del suono. — XVII. Azione induttiva delle nubi sul terreno. — XVIII. Come si spieghi la formazione dei folgoriti. — XIX. Accidenti del suolo che attirano il fulmine. — XX. Il fulmine segue di preferenza i corpi conduttori — suoi effetti sugli edifici. — XXI. Conduttori o parafulmini a difesa degli edifici. — XXII. Effetti del fulmine sui corpi che ne sono colpiti. — XXIII. Aurora Boreale — il fenomeno non è ancora spiegato. — XXIV. Carattere generale della meteora. — XXV. Descrizione delle aurore vedute da lsignor Lottin nelle regioni polari.

## I.

Nessun ramo delle scienze fisiche fu coronato da successi così segnalati, quanto le ricerche dagli sperimentatori moderni dirette a scoprire l'influenza dell'elettricità sull'atmosfera. Diffatti riuscirebbe difficile l'indicare un cambiamento atmosferico che non abbia una relazione diretta od indiretta coll'azione elettrica. È vero che questi fenomeni atmosferici, fugaci e transitori per la maggior parte, non sono sempre stati ridotti con chiarezza e con certezza alle loro cause, che la relazione di alcuni di loro coll'azione elettrica è resa probabile dalle apparenze generali, anzi che da una dimostrazione distinta e soddisfacente, e che alcuni di loro, di cui è evidente l'origine elettrica, non si sono tuttavia potuti spiegare colle leggi conosciute che reggono quell'agente fisico, nè si è ancora potuto farle dipendere da queste.

In molta parte però cadono sotto i principii generali dell'elettricità, ed è conveniente che si esponga quali fenomeni abbiano, e quali non abbiano ricevuta una spiegazione soddisfacente, affinchè coloro che studiano questo ramo delle scienze fisiche, colla vista di dilatarne i confini, possano essere guidati ad opportuni soggetti d'osservazione e di esame.

Quanto siano importanti le materie abbracciate sotto l'intestazione generica di elettricità atmosferica, sarà facile ad intendersi ove si sappia, che dalle condizioni elettriche dell'atmosfera, e dalle loro eventuali modificazioni, dipendono non solo gli stupendi fenomeni dei temporali, ma anche il complesso di quella bella ed interessante classe di fenomeni che si comprendono col nome complessivo di Aurora Boreale.

## II.

Il globo terraqueo da noi abitato è avvolto di un oceano d'aria, la cui profondità è circa la 200ª parte del suo diametro. Si può farsene un concetto, immaginando uno strato d'aria dello spessore di un decimo di pollice, che rivesta un globo del diametro di venti pollici. Quest'oceano aereo, relativamente di poca profondità, in fondo al quale abitano le famiglie della natura organica, è il teatro di stupendi fenomeni elettrici.

Si può stabilire come fatto generale, che l'atmosfera, che circonda così il globo, è carica di elettricità positiva, la quale agendo per

induzione sullo strato superficiale del suolo a cui si appoggia, ne scompone l'elettricità naturale, attirando alla superfice il fluido negativo e respingendo il positivo negli strati inferiori. Così il globo e la sua atmosfera si ponno paragonare, con molta verità, ad una bottiglia di Leyda, la cui atmosfera esterna posta in comunicazione col conduttore d'una macchina elettrica, sia carica di elettricità positiva, e l'interna in comunicazione col suolo, si carichi per influenza di elettricità negativa. L'armatura esterna rappresenta l'atmosfera, e l'interna lo strato superficiale del globo.

## III.

Questo stato normale dell'oceano atmosferico in generale, soggiace a variazioni e ad eccezioni, variazioni rapporto l'intensità, ed eccezioni riguardo alla specie dell'elettricità. Le variazioni sono o periodiche od accidentali. Le eccezioni sono locali, dandosi per avventura che delle parti dell'atmosfera generale in cui si librano delle nuvole si trovino cariche di elettricità negativa.

## IV.

L'intensità dell'elettricità di cui è carica l'atmosfera, varia nel corso di ventiquattro ore, crescendo e diminuendo alternativamente. Il signor Quetelet trovò che il primo massimo si manifesta verso le 8 antimeridiane, ed il secondo verso le 9 pomeridiane. Il minimo diurno è alle 3 pomeridiane. Egli trovò pure che l'intensità media è massima in gennaio e minima in giugno.

## V.

Queste sono le variazioni normali che subisce la condizione elettrica dell'aria, quando il cielo è limpido e sereno. Ma quando il firmamento è coperto di nubi, l'elettricità soggiace durante il giorno a frequenti ed irregolari cambiamenti non solo di intensità, ma benanco di qualità; l'elettricità è spesso negativa in causa della presenza nel luogo dell'osservazione di nuvole cariche alcune di elettricità positiva, altre di negativa.

## VI.

Sull'intensità dell'elettricità dell'aria influiscono pure la stagione dell'anno, il carattere predominante e la direzione dei venti, essa

varia anche secondo l'altezza degli strati, essendo in generale maggiore nelle regioni più elevate che nelle più basse dell'atmosfera. L'intensità generalmente è maggiore in tempo d'inverno e specialmente in tempo di gelo, che nell'estate, e quando l'aria è calma, che non quando dominano i venti.

La pioggia, la grandine, la neve, ecc., sono talvolta positivi, tale altra negativi, secondo la direzione del vento. Quando il vento è di nord sono positivi, quando è di sud sono negativi.

## VII.

Si osserva l'elettricità dell'atmosfera ergendo in essa alla voluta altezza dei conduttori metallici acuminati, dalle inferiori estremità dei quali partono dei fili metallici che comunicano con elettroscopi d'una foggia o d'un altra, secondo l'intensità dell'elettricità che si osserva. La tensione elettrica cresce così rapidamente al crescere dell'altezza degli strati aerei, che un elettroscopio a foglie d'oro, convenientemente adattato allo scopo, e che sia ridotto allo stato naturale, quando lo si appoggi orizzontalmente sul terreno, mostrerà una divergenza sensibile sollevandolo a livello dell'occhio.

## VIII.

Per conoscere la condizione elettrica degli strati che sono troppo elevati perchè vi possa arrivare un conduttore fisso, si collega l'estremità di un flessibile filo metallico a cui è attaccata una punta metallica, con una palla pesante, la quale viene cacciata in alto dalla scarica d'uno schioppo o di una pistola, o mediante una freccia scoccata da un arco. Il projettile, raggiungendo il limite del tiro, stacca il filo dell'elettroscopio, e questo allora indica lo strato elettrico dell'aria alla massima altezza a cui è giunto il projettile.

## IX.

La gran quantità di elettricità di cui sono alle volte cariche le nubi, venne manifestata in modo sorprendente dai notissimi sperimenti fatti nel 1757 da Romas, col mezzo di cervi volanti. Il cervo volante, munito d'una punta metallica, veniva spinto fino agli strati dove si librava la nube elettrica. Un filo di metallo era collegato alla corda, e si estendeva lungo la medesima dal conduttore aguzzo portato dal cervo volante fino quasi presso la sua estremità inferiore, dove si ripiegava lateralmente, communicando con un elettrosco-

pio, o con un altro mezzo sperimentale, atto a palesare la quantità e la qualità di elettricità di cui era carico. Romas trasse dall'estremità di questo filo conduttore non solo delle forti scintille elettriche, ma lampi di fuoco lunghi da nove a dieci piedi, e grossi un pollice, la cui scarica era accompagnata da un colpo simile a quello d'uno sparo di pistola. In meno di un ora si cavavano spesso dal conduttore più di trenta scintille di quella grandezza ed intensità, oltre a molte altre lunghe sei o sette piedi ed anche meno.

## X.

Si è trovato mediante questa applicazione dei cervi-volanti, che le nubi sono cariche alcune di elettricità positiva, altre di elettricità negativa, e che altre ancora sono allo stato neutro. Queste circostanze servono a spiegare alcuni fenomeni osservati nei movimenti delle nuvole, che si manifestano durante un temporale. Le nubi similmente elettrizzate si respingono, quelle elettrizzate contrariamente si attraggono a vicenda. Così si producono nelle nubi i movimenti più opposti e più complicati. Mentre si attraggono e si respingono reciprocamente in virtù dell'elettricità di cui sono cariche, sono anche trasportate in varie direzioni dalle correnti che soffiano negli strati atmosferici in cui esse sono sospese, correnti che non di rado hanno anch'esse differenti direzioni.

## XI.

Queste apparenze sono i sicuri pronostici di un temporale. Nubi cariche di elettricità contrarie si influenzano a vicenda, ed a vicenda si attraggono, sia che trovinsi in uno stesso strato od in istrati a differenti altezze. Giunte alla *distanza della scarica,* i fluidi contrarii si precipitano l'uno verso l'altro ed avviene la scarica elettrica.

Le nuvole, però, a differenza delle armature metalliche di una giara, sono conduttori assai imperfetti, in conseguenza di che, dopo di essersi scaricate in una parte della loro estesa superficie, conservano nelle altre parti l'elettricità coll'intensità primitiva. Perciò, la prima scarica in luogo di produr l'equilibrio, piuttosto lo disturba, perchè la parte d'una nuvola che rimane ancora carica, è attratta essa sola dalla parte dell'altra nuvola dove il fluido non è ancora stato neutralizzato. Di qui derivano varii e complicati movimenti e cambiamenti di forma nelle nubi, e prima che si stabilisca l'equilibrio elettrico, deve aver luogo una serie di scariche tra le medesime nuvole. Queste sono necessariamente accompagnate da una serie di lampi e di tuoni.

## XII.

La forma del lampo, come quella della scintilla che si cava da un conduttore elettrizzato, è a zig zag. I gomiti o gli angoli acuti formati nei punti successivi dove essa cambia direzione, variano di numero e di prossimità. La causa dell' andamento a zig zag della scintilla elettrica, o del lampo, non ha ricevuta ancora una spiegazione chiara e soddisfacente.

Anche la lunghezza dei lampi è varia: in alcuni casi si è constatato che si stendevano da due miglia e mezzo a tre miglia. È probabile, se non certo, che la striscia di luce segnata dai lampi biforcati non sia in realtà una linea continua luminosa simultaneamente in tutti i punti, ma che all'opposto la luce si sviluppi successivamente di mano in mano che l'elettricità prosiegue nel suo cammino, e che l'apparenza della linea luminosa continua, non sia che un'illusione ottica analoga a quella che ci fa vedere una linea luminosa continua quando si muove rapidamente a cerchio un tizzone acceso, potendosi applicare la stessa spiegazione al caso del lampo.

## XIII.

Siccome il rumore del tuono è prodotto dal passaggio del fluido elettrico traverso l'aria, che repentinamente comprime, esso si produce progressivamente lungo tutto lo spazio percorso dal fulmine. Ora, poichè il suono non ha che la velocità di 337 metri per secondo, laddove la trasmissione della luce è così rapida che nel caso attuale si può considerarla praticamente come istantanea, il rumore non giungerà all'orecchio se non ad un certo intervallo, più o meno grande, dopo che si è percepita la luce, appunto come avviene della fiamma della scarica d'un cannone che si vede prima che se ne oda il colpo.

Notando dunque, l'intervallo che scorre tra l'apparizione del lampo e l'istante in cui si ode il tuono, si può stimare in via di approssimazione, la distanza del punto dove ebbe luogo la scarica, dando 337 metri per ogni minuto secondo di quell'intervallo.

Ma siccome si produce un suono separato ad ogni punto, dove trascorre il lampo, e siccome questi punti si trovano a differenti distanze dall' osservatore, dipendentemente dalla posizione, dalla lunghezza, dalla direzione e dalla forma del lampo, ne consegue di necessità che i tuoni prodotti da una stessa folgore, sebbene realmente simultanei, in causa della gran velocità con cui si propaga l'elettricità, giungano nondimeno all'orecchio in una successione comparativamente lenta.

Il variare dell' intensità dei successivi tuoni che si odono durante lo scoppio del tuono, deriva in parte da quelle stesse cause che fanno variare d' intensità la luce del lampo. Ma si può forse spiegarlo in modo più soddisfacente, colla combinazione delle successive scariche, della stessa nube, che si seguono con rapidità, e colla combinazione dei loro effetti con quelli dipendenti dal variare della distanza delle differenti parti d'uno stesso lampo.

## XIV.

A noi sembra che l' intensità variabile del rumore del tuono, si possa spiegare con molta chiarezza e felicità, colla stessa forma a zig zag del lampo, combinata coll'effetto del variare della distanza : e troviamo strano che non sia stato finora suggerita una spiegazione cotanto ovvia. Sia A, B, C, D, ( fig. 1. ) una porzione d'un lampo a zig zag veduto da un osservatore in O. Si suppongano descritti gli archi circolari C*c*, e B*b*, col centro in O e coi raggi OC ed OB. È

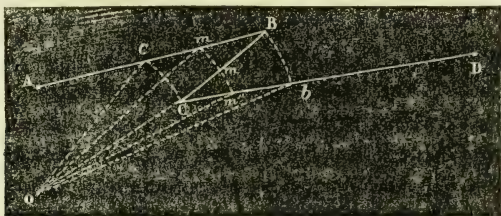



Fig. 1.

chiaro che trovandosi rispettivamente ad eguale distanza dall' osservatore, i punti C. e *c*. ed i punti B. e *b*, i suoni prodotti nei medesimi dovranno udirsi simultaneamente, e che, supponendoli eguali, produrranno la sensazione d' un tuono unico d' intensità doppia, di quella che avrebbe ciascuno di loro udito separatamente. Tutti i punti della parte *c*B. C*b* del zig zag, sono così disposti che trovansi a tre a tre egualmente distanti dal punto O. Descrivendo per esempio, un arco di cerchio col centro in O e con raggio O*m*, esso sega la linea tortuosa del lampo in tre punti *m*, *m'* ed *m''*, e questi, trovandosi perciò equi-distanti del punto O, i suoni prodotti nei medesimi giungeranno contemporaneamente all'osservatore, e quando fossero egualmente intensi produrrebbero l'istesso effetto d'un unico suono d'intensità tripla. Altrettanto si può dire di tutti i punti della linea fra *c* e *b*. Così, nel caso attuale, supponendo uniforme l' intensità del lampo da A in D, vi sarebbero tre gradi diversi di intensità nel tuono

prodotto, il minore tra A e *e*, e tra *b* e D, il massimo tra *c* e *b* lungo il zig zag e l'intermedio nei punti C*c*. e B*b*.

È evidente che sono illimitate le variazioni d'intensità nel rumore del tuono che si ponno spiegare a questo modo coll'infinita varietà di forma e di posizione rispetto all'osservatore, di cui è suscettibile l'andamento del lampo.

## XV.

Siccome l'intensità d'un tuono diminuisce in quel rapporto secondo cui cresce il quadrato della distanza dall'osservatore, è chiaro che da ciò si trae un altro mezzo di spiegare le variazioni di intensità nel rumore del tuono.

## XVI.

Siccome il rumore del tuono è molto più variato e continua molto più a lungo nelle regioni montuose che nelle aperte pianure, non vi è dubbio che ciò possa dipendere dal venire rimbalzato da tutte le superficie, atte a riflettere il suono, che esso incontra. In questi casi adunque, una causa del brontolìo del tuono deve essere l'effetto dell'eco.

Si è anche congetturato che gli effetti acustici siano modificati da quelli delle interferenze dei tuoni.

## XVII.

Una nube carica di elettricità, qualunque sia la qualità del fluido, o lo stato dell'atmosfera circostante, esercita un'azione induttiva su tutti i corpi, che si trovano alla superficie della terra immediatamente sotto di essa. Tende a scomporne l'elettricità naturale, respingendo il fluido dello stesso nome, ed attraendo alle parti più elevate il fluido di nome contrario. Gli effetti che realmente si produrranno sugli oggetti esposti a simile induzione, dipendono dall'intensità e dalla specie dell'elettricità di cui è carica la nube, dalla distanza di questa, dalla conducibilità della sostanza dei corpi influenzati, dalla loro grandezza e giacitura e, sopra tutto, dalla loro forma.

Essendo l'acqua un conduttore assai migliore della terra, in qualunque stato di aggregazione si trovi (1), le nubi elettrizzate influiscono con molta energia sul mare, sui laghi, e sulle altre grandi masse d'acqua. Il fulmine tende a scagliarsi tra la nube e l'acqua, appunto come la scintilla che scocca tra il conduttore della macchina elettrica e la mano che le è presentata.

(1) Questo è inesatto. L'acqua allo stato solido, ossia il ghiaccio, è un pessimo conduttore N. del T.

## XVIII.

Si spiega a questo modo il fatto che talvolta il fulmine penetra negli strati del suolo, sotto cui trovansi serbatoi sotterranei d'acqua. L'acqua di questi serbatoi è influenzata dall'azione induttiva di una nube elettrizzata e reagisce alla sua volta sulla nube, in quella guisa che una delle armature della bottiglia di Leida reagisce sull'altra. Quando quest'azione vicendevole è abbastanza gagliarda da vincere la resistenza dell'atmosfera interposta, e degli strati del terreno sotto cui giace il serbatoio sotterraneo, ha luogo la scarica, ed il fulmine penetra negli strati, fondendo le sostanze di cui si compongono e lasciandovi un foro tubulare a superficie interna fortemente vetrificata. I tubi così formati si denominano *folgoriti* o *tubi fulminari.*

## XIX.

Colle notissime proprietà delle punte, degli spigoli e di altre parti prominenti dei conduttori, si spiega facilmente l'influenza delle montagne, delle colline a picco, delle roccie isolate, degli alberi, degli edificii elevati, e di altri oggetti tanto naturali che artificiali, che si ergono dalla superficie generale del suolo. Il fulmine non colpisce giammai il fondo di valli profonde e strette. In Svizzera, sul versante delle Alpi e degli Apennini, ed in altre regioni montuose si trova una moltitudine di valli coltivate, i cui abitanti sanno per tradizione secolare di non aver nulla a temere dai temporali. Se però, la larghezza delle valli fosse eguale a venti o trenta volte la loro profondità, le nubi potrebbero alle volte discendere su di loro in masse abbastanza considerevoli, e potrebbe cadervi il fulmine.

Le colline isolate, o gli edificii elevati in mezzo ad una vasta pianura sono esposti al fulmine in modo particolare, perchè presso loro non vi sono altri oggetti prominenti che lo possano deviare.

Anche gli alberi, specialmente se trovansi isolati in distanza dagli altri, sono soggetti ad esserne colpiti. Essendo per loro natura impregnati più o meno di linfa, la quale conduce molto bene l'elettricità, attraggono il fluido e vengono colpiti.

Gli effetti di questi corpi, sono per altro modificati alle volte dall'azione di cause nascoste sotto la superficie. La condizione del suolo, del sotto suolo, ed anche degli strati inferiori, la profondità delle radici e le loro dimensioni, esercitano pure un influenza considerabile sul fenomeno, cosicchè nei luoghi dove la sicurezza apparente è maggiore, spesso è maggiore il pericolo. È tuttavia buona massima in

generale, di non mettersi, durante un temporale, nè sotto un albero, nè presso ad un edificio elevato, ma di stare il più che sia possibile nell'aperta pianura.

## XX.

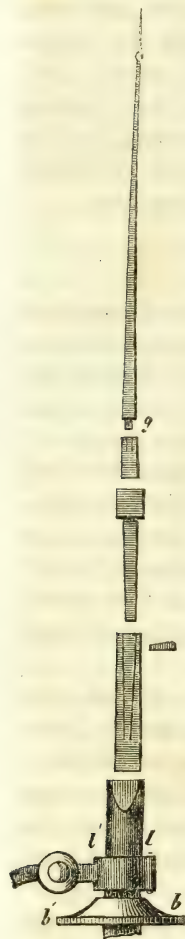
Il fulmine che cade sopra un edificio sceglie di preferenza i punti che sono più perfetti conduttori. Qualche volta colpisce e distrugge oggetti non conduttori, ma ciò avviene di solito quando essi trovinsi direttamente sulla sua via, verso i conduttori. Così alle volte il fulmine è penetrato in un muro attratto da una massa di metallo che vi era racchiusa.

I tetti metallici, le travi, le chiavi ed altre parti degli edifici attraggono di preferenza il fulmine. L'aria calda e rarefatta dei camini diventa conduttore. Da ciò deriva che spesso il fulmine discende per il camino, ed entra così nelle camere. Esso scorre lungo i fili di ferro dei campanelli, le modanature metalliche dei muri e delle tappezzerie, e fonde le indorature.

Fig. 2.

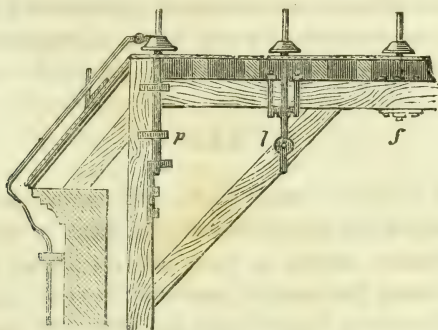
## XXI.

Lo scopo dei parafulmini o coduttori, eretti a difesa degli edifici, non è di respingere, ma piuttosto di attrarre il fulmine e di obbligarlo a seguire una strada in cui riesca innocuo.

Un parafulmine è un'asta metallica acuminata, la cui lunghezza varia secondo il fabbricato su cui si vuol porla, ma che è di solito dai trenta ai quaranta piedi. Si erge verticalmente al dissopra dell'oggetto che è destinato a proteggere. Dalla sua base parte una serie non interrotta di aste metalliche saldate o battute insieme, capo a capo, che seguita fino al suolo, dove si seppelliscono nella terra umida, o, ancor meglio, si immergono nell'acqua, onde facilitare lo sfogo del fluido disceso lungo di esse. Se non vi è l'opportunità dell'acqua o di un terreno umido, bisogna attaccare all'ultima spranga una lamina metallica di superficie considerevole e seppellirla in una fossa piena di carbone sminuzzato o, meglio ancora, di carbonella.

La fig. 2 rappresenta le parti di un parafulmine ben costrutto.

L' asta che è di ferro, è rotonda alla base, poi quadrata e decresce gradatamente di grossezza fino alla cima. Si compone per lo più di tre pezzi invariabilmente uniti insieme ed assicurati da caviglie che li trapassano. Nella figura non sono rappresentate che le due estremità del più basso, e quelle del pezzo intermedio per evitare una soverchia dimensione del disegno. Il pezzo superiore *g* è presentato per intero. È un'asta di ottone o di rame, lunga circa due piedi e terminata da una punta di platino lungo circa tre pollici, attaccata all'asta mediante una saldatura d'argento, e assicurata maggiormente da un cerchio di ottone, ciò che produce quella rigonfiatura che si osserva nella figura sotto la punta.

Tre delle maniere, riputate migliori, per attaccare il parafulmine al tetto sono rappresentate nella fig. 3, in *p*, *l* ed *f*. In *p* l'asta è appoggiata ad un pezzo verticale a cui è fermata mediante staffe;

Fig. 3.

in *l* esso è avvitato ad un braccio diagonale, ed in *f* è semplicemente assicurato da viti e madreviti ad una trave orizzontale a cui passa a traverso. L'ultima è manifestamente la maniera meno solida di fermarlo.

Il prolungamento del conduttore si stende all' ingiù lungo il muro dell' edificio o secondo qualsivoglia altra disposizione opportuna, fino al terreno, e consiste o di sbarre di ferro rotonde o quadrate, o di un canape di fili di ferro o di rame somigliante a quelli adoperati nella costruzione dei ponti pensili più leggieri. Alla sua estremità superiore è unito alla base del parafulmine mediante una giuntura, chiusa ermeticameate, d'ogni intorno affine di impedire l'ossidazione la quale vi produrrebbe un' interruzione pericolosa.

Per capire l' influenza protettrice di questo apparato, si deve riflettere che l'azione induttrice di una nuvola temporalesca scompone l'elettricità naturale dell'asta, molto più energicamente di quella de-

gli oggetti circostanti, a motivo tanto della sostanza di cui è fatta quanto della sua forma. La punta, divenuta sopracarica di fluido di nome contrario a quello della nube sospesa su di essa, lo scarica in un getto diretto verso la nube, dove si combina con una eguale quantità della sua elettricità neutralizzandola, ed il processo di quest'operazione finisce a ridurre la nuvola allo stato naturale.

È perciò più esatto il dire che il parafulmine trae l'elettricità dal suolo spingendola verso la nube, che non il dire che sottrae l'elettricità dalla nube per trasmetterla al terreno.

È manifesta la convenienza che tutti i corpi conduttori, che il parafulmine è destinato a proteggere, debbano essere posti in comunicazione metallica con lui, perchè allora la loro elettricità scomposta per l'influenza della nube, sfuggirà necessariamente per mezzo del conduttore nel terreno, o dalla punta verso la nube.

Si ritiene generalmente che la sfera di protezione d'un parafulmine, sia un cerchio concentrico alla sua base, di raggio doppio o triplo della sua lunghezza.

## XXII.

Gli effetti del fulmine, come quelli dell'elettricità sviluppata artificialmente, sono di tre specie fisiologici, fisici e meccanici.

Quando il fulmine uccide, le parti che ne furono colpite offrono i segni di essere state fortemente bruciate: le ossa sono spesso spezzate ed infrante come se fossero state soggettate ad una violenta compressione meccanica. Quando non agisce sul corpo che per influenza producendo ciò che si chiama contracolpo o scossa indiretta, non uccide immediatamente, ma eccita nei nervi delle commozioni così gagliarde che talvolta gli effetti che lasciarono, furono incurabili.

L'effetto fisico del fulmine sui conduttori è di elevarne la temperatura. L'aumento di temperatura è alle volte così forte che i conduttori sono resi incandescenti, si fondono ed anche abbruciano. Ciò avviene talvolta dei fili di ferro dei campanelli, specialmente se sono in posizioni esposte ed indifese, come nelle corti o nei giardini.

Le gocce di metallo liquefatto prodotto in questo caso, danno fuoco a qualunque sostanza combustibile su cui avviene che cadano. I legni, la paglia, e altrettali corpi non conduttori sono di solito accesi dal fulmine caduto su di loro per l'attrazione di altri corpi conduttori posti in loro prossimità.

Gli effetti meccanici del fulmine, le cause fisiche dei quali non vennero ancora spiegate in modo soddisfacente, sono straordinariis-

simi. Masse enormi di metallo sono svelte dai loro sostegni, grandi pezzi di pietra sono spezzati ed i più solidi edifici vengono spianati al suolo.

## XXIII.

Finora non è stata proposta nessuna teoria od ipotesi per spiegare l'aurora boreale, la quale siasi cattivata l'accettazione universale. Però tutte le apparenze del fenomeno sono di carattere elettrico: la sua forma, la sua direzione e la posizione, sebbene variino sempre, offrono sempre nondimeno una relazione rimarchevole coi meridiani e coi poli magnetici. Qualunque ne possa quindi essere la causa fisica, è manifesto che il teatro della sua azione è l'atmosfera, e che l'agente a cui se ne deve lo sviluppo, è l'elettricità, influenzata in qualche maniera, sconosciuta dal magnetismo terrestre. Nella mancanza d'una teoria soddisfacente che valga a spiegare il fenomeno, ci limiteremo o darne una breve descrizione, cavata dalle serie più estese e più esatte di osservazioni eseguite in quelle regioni, dove la meteora si presenta coi caratteri più segnalati e nel massimo splendore.

## XXIV.

L'aurora boreale è un fenomeno luminoso che appare in cielo, e che si vede alle latitudini elevate in ambo gli emisferi. Il nome di *aurora boreale* le venne imposto, perchè le opportunità di goderne lo spettacolo, per il carattere geografico del globo, sono molto più frequenti nell'emisfero settentrionale che in quello del sud. Molto più propriamente le converrebbe la denominazione di *aurora polare*.
Consiste il fenomeno in raggi luminosi variamente colorati, diramati da tutte le direzioni ma convergenti ad uno stesso punto, che appajono dopo il tramonto per lo più verso il nord, qualche volta ad occidente e qualche altra, sebbene di rado a sud. Il fenomeno appare soventi presso l'orizzonte, come una luce vaga e diffusa, che presenta una certa somiglianza con quelle striscie pallide di luce che precedono il levare del sole e formano l'alba. Di qui deriva il suo nome che significa *alba del nord*. Alle volte, però, si presenta sotto la forma d'una nube oscura da cui escono dei getti luminosi, per lo più variamente colorati, che rischiarano tutta l'atmosfera.

Le aurore più brillanti cominciano a formarsi poco dopo lo spegnersi del crepuscolo. Da principio si scorge verso il nord una nebbia scura o velo nebbioso, e verso l'ovest un chiarore alquanto maggiore che nelle altre parti del cielo. La nebbia assume a poco a

poco la forma d' un segmento circolare, colle due estremità appoggiate all'orizzonte. La parte visibile dell' arco si circonda presto di una pallida luce, a cui tien dietro la formazione di uno o di più archi luminosi. Allora appajono delle lingue e dei raggi di luce di vario colore che escono dalla parte oscura del segmento, e la sua continuità è interrotta da brillanti eruzioni, che indicano un movimento della massa, la quale sembra agitata da scosse interne mentre si formano quelle lingue di luce che ne irrompono come le fiamme d' un incendio. Cessata questa specie di fuochi d' artificio, e dilatatasi l' aurora, si forma allo zenit una corona a cui convergono i raggi. Da questo istante il fenomeno diminuisce d'intensità, mostrando tuttavia, di tratto in tratto, ora in una parte del cielo ed ora in altra, dei getti di luce, una corona e colori più e meno vivaci. In fine cessa il movimento, la luce si avvicina gradatamente all' orizzonte: e la nube, lasciando le altre parti del firmamento si stabilisce al nord. La parte scura del segmento diviene luminosa, ed il suo splendore è più vivo presso l'orizzonte e diventa sempre più debole al crescere dell'altezza, fino a svanire del tutto.

Qualche volta l' aurora si compone di due segmenti luminosi concentrici, separati l' uno dall' altro da uno spazio oscuro e dalla terra da un altro. Altre volte, quantunque di rado, non vi è che un solo segmento oscuro perforato simmetricamente lungo il margine da fessure traverso cui si vede la luce od il fuoco.

## XXV.

Una delle descrizioni più recenti e più esatte della meteora è la seguente, che venne data da M.r Lottin, ufficiale della marina francese e membro della Commissione scientifica spedita alcuni anni sono nei mari del nord. Tra il settembre 1838 e l'aprile 1839, quello scienziato osservò circa 150 meteore di questa classe. Furono più frequenti dal 17 novembre al 25 gennajo, intervallo durante il quale il sole restava continuamente sotto l' orizzonte. Durante questo periodo furono visibili sessantaquattro aurore e la presenza di molte altre, nascoste alla vista da un cielo annuvolato, venne indicata dalle perturbazioni che producevano nell' ago calamitato.

La serie delle apparenze e delle trasformazioni presentate dalle meteore sono descritte da M.r Lottin, come segue:

Tra le quattro e le otto pomeridiane, una luce nebbiosa, che si alzava fino all' altezza di sei gradi, si colorava al margine superiore apparendo orlata della luce della meteora che sorgeva dietro di essa. L'orlo facendosi a gradi a gradi più regolare, prendeva la

forma di un arco di color giallo pallido, di cui i margini erano diffusi e le estremità si appoggiavano all'orizzonte. Quest'arco alzavasi lentamente rimanendone sempre il vertice nel meridiano magnetico. Delle striscie nerastre lo dividevano regolarmente, trasformandolo in un sistema di raggi: questi raggi si allungavano e si contraevano alternativamente: ora con lentezza ora d'improvviso: qualche volta dardeggiavano, crescendo e diminuendo repentinamente di splendore. Le parti inferiori od i piedi dei raggi, presentavano sempre la luce più viva e formavano un arco più o meno regolare. Avevano i raggi lunghezze assai varie, e convergevano tutti al punto del cielo a cui era diretto il polo sud dell'ago d'inclinazione. Talvolta si prolungavano fino a questo punto dove si intersecavano formando la sommità di un'enorme cupola di luce.

L'arco continuava allora ad ascendere verso lo zenit; e la sua luce presentava intanto una specie d'ondulazione — vale a dire lo splendore dei raggi cresceva successivamente da un estremo all'altro. Questa specie di corrente luminosa appariva parecchie volte in rapida successione, passando più di frequente da ovest ad est che nella direzione contraria. Qualche volta, sebbene di rado, ritornava immediatamente dopo sulla sua via: ed appena l'onda luminosa aveva trascorso successivamente su tutti i raggi dell'aurora dall'ovest all'est, ritornava nella direzione opposta, al punto di partenza, producendo un effetto tale che riusciva impossibile il dire se i raggi si fossero realmente trasportati in una direzione quasi orizzontale, o se la luce più viva fosse trapassata di raggio in raggio, mentre il loro sistema non subiva alcun cambiamento di posizione.

Mentre l'arco, presentava quest'apparenza di un moto alternativo in direzione pressochè orizzontale si poteva assomigliarlo, a un nastro o ad una bandiera, ondeggiante al vento. Talvolta una delle sue estremità, talvolta entrambe abbandonavano l'orizzonte; allora le pieghe diventavano più numerose e più marcate, l'arco cambiava carattere assumendo la forma di un gran drappo di raggi rientrante in sè stesso e composto di parecchie parti foggiate a curve graziose. Lo splendore dei raggi che variava repentinamente vinceva alle volte quello delle stelle di prima grandezza: i raggi dardeggiavano rapidamente e si formavano e si svolgevano dalle curve somiglianti alle spire d'un serpente: allora i raggi si tingevano di varii colori, alla base di rosso, nel mezzo di verde, conservando nel resto la loro tinta giallo-chiara. La distribuzione dei colori era sempre la stessa: erano di una trasparenza mirabile, il colore della base era rosso di sangue e quello del mezzo era un verde di smeraldo pallido: poi, il fulgore

diminuiva, i colori scomparivano e tutto si estingueva talvolta d'improvviso, tal altra a lenti gradi. Dopo l'estinzione si riproducevano dei frammenti dell'arco, che continuavano nel loro movimento ascensionale, avvicinandosi allo zenit: i raggi, per effetto di prospettiva, si accorciavano gradatamente: si poteva allora valutare la grossezza dell'arco che prendeva l'aspetto di una gran zona di raggi paralleli: quindi il suo vertice giungeva allo zenit magnetico cioè al punto a cui era diretto il polo sud dell'ago di declinazione. In quel momento i raggi si vedevano dalla parte dei loro piedi quand'erano colorati, apparivano come una larga fascia rossa traverso cui si poteveno distinguere le tinte verdi delle parti superiori; e quando l'onda di luce suddescritta trascorreva su di loro, i loro piedi formavano una lunga zona sinuosa ed ondeggiante: mentre, durante tutti questi cambiamenti i raggi non soffrivano nessuna oscillazione nella direzione dei loro assi e conservavano continuamente il loro vicendevole parallelismo.

Intanto che si succedono queste apparenze, si compongono dei nuovi archi, che cominciano o alla stessa maniera diffusa o con raggi più splendidi e di subita formazione; gli archi si succedono l'un l'altro, passando per fasi pressochè identiche e si dispongono a certe distanze l'uno dall'altro. Se ne contavano fino a nove, colle estremità appoggiate a terra e disposti presso a poco alla maniera di quelle brevi cortine che sono sospese una dietro l'altra sulla scena d'un teatro per rappresentare un firmamento. Alle volte diminuiscono gli intervalli fra gli archi e due o più di questi vengono a contatto tra loro, formando un'ampia zona che traversa il cielo e scompare verso il sud, sfumando rapidamente dopo oltrepassato lo zenit. Qualche volta pure quando la zona si stende passando per la sommità del firmamento da ponente ad oriente, sembra che la massa di raggi si diriga repentinamente a sud e formi con quelle del nord la real corona boreale, di cui tutti i raggi convergono allo zenit. Questa apparenza d'una corona non è dunque, senza dubbio, che un mero effetto di prospettiva, ed un osservatore che si trovasse contemporaneamente ad una certa distanza a nord o a sud non scorgerebbe che un arco.

Siccome l'intera zona, le cui dimensioni sono minori nella direzione da nord a sud che in quella da est ad ovest, è spesso inclinata rispetto alla terra, si può credere che la forma della corona debba essere elittica; ma ciò non è sempre vero; la si è veduta circolare, quando i raggi disuguali non si stendevano ad una distanza maggiore di otto o dodici gradi dallo zenit, mentre altre volte giungono all'orizzonte.

S'immagini dunque, che sbocchino quegli splendidi raggi di luce; che subiscano continue e repentine variazioni di lunghezza e di fulgore: che si colorino ad intervalli di quelle belle tinte rosse e verdi; che delle onde di luce scorrano su di loro: che queste si succedano l'una l'altra; e da ultimo che il vasto firmamento presenti una specie di immensa e magnifica cupola luminosa, appoggiata come a base al terreno biancheggiante di neve, il quale serve pure di rilucente cornice ad un mare, calmo e nero come un lago di pece e si avrà un'idea, qualunque imperfetta, dello stupendo spettacolo che si offre a chi contempli un'aurora dalla Baja di Alten.

La corona, quando si è formata, non dura che pochi minuti: qualche volta si forma d'improvviso, senza essere preceduta da un arco. Di rado ve ne sono più di due in una stessa notte, ed in molte aurore manca affatto la corona.

La corona a poco a poco s'indebolisce, l'intero fenomeno passa a sud dello zenit formando archi gradatamente più pallidi e che in generale scompajono prima di arrivare all'orizzonte meridionale. Tutto ciò avviene di solito nella prima metà della notte, dopo la quale sembra che l'aurora abbia perduta la sua intensità; i pennelli di raggi, le zone ed i frammenti di archi appajono e scompajono ad intervalli: poi i raggi divengono sempre più diffusi, e da ultimo si estinguono nella luce incerta e debole sparsa in cielo, aggruppati a guisa di piccolo nubi che si denotano col nome di *piastre aurorali* (*plaques aurorales*). La loro luce lattea subisce frequenti e sorprendenti variazioni di chiarezza, per cui sembrano dotate di moti di dilatazione e di contrazione, propagantisi reciprocamente fra il centro e la circonferenza, simili a quelli osservati in quegli animali ma-

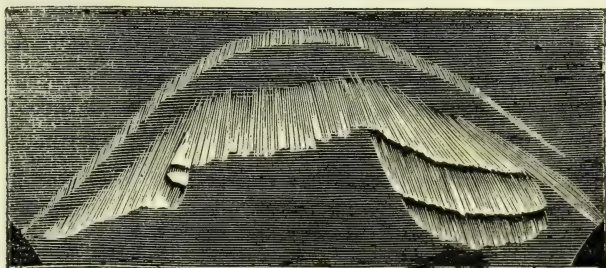



Fig. 6.

rini che si chiamano *Meduse*. Il fenomeno va gradatamente indebolendosi sempre più e di solito svanisce affatto all'apparire del crepuscolo. Però qualche volta l'aurora continua dopo lo spuntare del

giorno fino a che la luce sia abbastanza forte perchè si possa leggere un libro stampato.

Allora scompare, talvolta repentinamente; ma spesso, al crescere della luce del giorno, l'aurora diviene a poco a poco vaga ed indefinita, assume una tinta bianchiccia, e da ultimo si mescola coi cirro-strati (specie di nuvole) per modo, che riesce impossibile il distinguerla da loro.

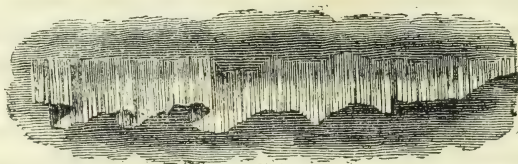
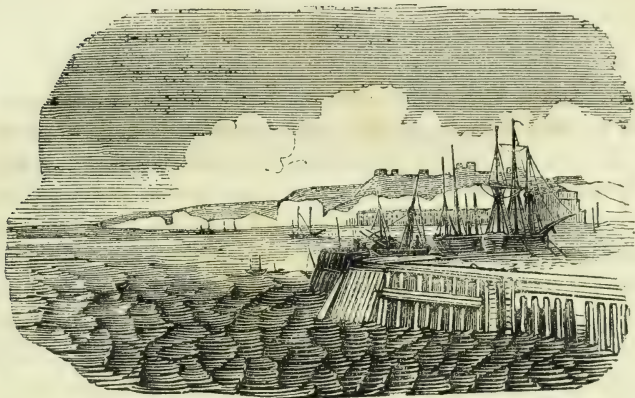



Fig. 7.

Alcune delle apparenze descritte sono rappresentate nelle figure 4, 5, 6 e 7 copiate dalla Memoria di M.r Lottin.

Non si conosce con certezza l'altezza delle aurore, ma essendo esse fenomeni atmosferici, e appena superiori alla regione delle nubi, e siccome partecipano di certo al moto diurno della terra, pare probabile che in ogni caso la loro elevazione superi poche miglia.

Prof. R. Ferrini.

# FLUSSO E RIFLUSSO DEL MARE

I. Fino da tempi remoti si conosce la sua corrispondenza colle fasi lunari. — II. Nozioni erronee che si hanno sulla sua causa. — III. Non è prodotto dall' attrazione lunare. — IV. Bensì dalle diseguaglianze di questa attrazione. — V. Calcolo di queste diseguaglianze. — VI. Maree solari. — VII. Differente efficacia del sole e della luna nel produrre il flusso e riflusso del mare. — VIII. Marea massima e minima. -- IX. Perchè il flusso non si solleva direttamente sotto la luna. — X. Stabilimento del porto. — XI. Effetti della forma delle coste sulle maree locali. — XII. Analisi del Dott. Whewell della propagazione del flusso. — XIII. Età della marea. — XIV. Velocità di propagazione del flusso. -- XV. Moto di ondulazione. -- XVI. Movimento della cresta di un'onda. -- XVII. Altezza della marea. -- XVIII. Influenze atmosferiche sul flusso e riflusso del mare.

## I.

I fenomeni del flusso e riflusso del mare così importanti agli interessi sociali e commerciali dell'umanità, si attirarono l'attenzione comune fino dalle prime epoche del progresso delle cognizioni. Il fatto che gl'intervalli tra le epoche dell'alta e della bassa marea corrispondono dovunque agli intervalli tra i passaggi della luna al meridiano sopra e sotto l'orizzonte, fece nascere naturalmente il sospetto dell'esistenza di qualche rapporto fisico tra i due fenomeni ed indicò che probabilmente si troverebbe la causa delle maree nel movimento della luna.

Keplero sviluppò quest'idea e dimostrò la stretta connessione dei due fenomeni; ma soltanto dopo che venne stabilita da Newton la teoria della gravitazione, e che se ne conobbero pienamente le leggi, si poterono spiegare chiaramente tutte le circostanze del flusso del mare, e si potè provare incontestabilmente che dipende dall'influenza del sole e della luna.

II.

Vi sono pochi soggetti di scienze fisiche, su cui dominino tra le persone di poca coltura, nozioni più erronee, quanto su quello delle maree. L'idea che si ha comunemente è che l'attrazione della luna faccia sollevare le acque della terra verso quella parte del globo da cui essa si trova, e che in conseguenza le acque vengano ammassate da quella parte, ed i mari ed i laghi vi abbiano una profondità maggiore che altrove, e così si immagina che il flusso venga sollevato esattamente o quasi esattamente sotto la luna. Ma questo nè corrisponde al fatto, nè, se vi corrispondesse, servirebbe a spiegarlo. L'innalzamento dell'acqua non si produce soltanto sotto la luna, ma in egual modo anche nelle parti del globo che ne sono più remote. Suppongasi scelto quel meridiano terrestre, nel cui piano, esteso indefinitamente, trovasi la luna: or bene si trova che, meno qualche modificazione si forma un gran ringonfiamento delle acque, o ciò che chiamasi l'*alta marea da una parte e dall'altra* di quel meridiano; cioè alla sua parte più vicina alla luna ed a quella che ne è più lontana. Mentre la luna compie il suo giro mensile intorno la terra, i due ringonfiamenti dell'acqua la seguono nel suo movimento. Sono quindi separati l'uno dall'altro da una mezza circonferenza del globo. Nel girare, che fa il globo intorno al proprio asse, nel suo moto diurno, ciascuna parte della sua superficie passa successivamente sotto i due rigonfiamenti, e così in ciascuna delle parti che di mano in mano vi passano sotto, si produce successivamente il fenomeno dell'alta marea. Da ciò dipende che in ogni luogo vi sono due maree quotidiane, separate da un'intervallo di circa dodici ore. Ora se il concetto che si ha comunemente della causa delle maree fosse ben fondato, non vi sarebbe che una sola marea al giorno, cioè quella che avrebbe luogo quando la luna passasse o fosse vicina al meridiano.

III.

È facile a dimostrarsi che la semplice attrazione della luna sulla terra non basta a spiegare il flusso e riflusso del mare. Supponiamo

che tutta la massa materiale della terra, comprese le acque che la coprono, in parte sia attratta *egualmente* dalla luna: allora le acque essendo tutte attratte colla stessa intensità verso questo corpo non vi sarebbe ragione per cui dovessero accumularvisi sotto; giacchè se la forza che le attira fosse eguale a quella con cui è attirato il globo solido della terra, che sta sotto di loro, non vi sarebbe ragione di supporre nelle acque una tendenza a raccogliersi sotto la luna maggiore di quella del solido letto dell'oceano su cui riposano. Insomma tutta la massa terrestre, solida e fluida, essendo attratta colla stessa forza, tenderebbe egualmente verso la luna: e le sue parti, tanto solide che fluide, conserverebbero le une rimpetto alle altre le medesime posizioni relative, come se non vi fosse l'attrazione.

## IV.

Ma quando invece osserviamo che in una massa composta di varie particelle materiali, è scomposta la distribuzione relativa delle particelle, alcuna delle quali sono tirate in certe direzioni con maggiore energia delle altre, dobbiamo conchiuderne che le parti componenti di quella massa, soffrono l'azione di forze differenti: e che sono sollecitate da forze proporzionatamente maggiori quelle che vengono portate più avanti delle altre in quella direzione. Tale è appunto il caso della terra posta sotto l'attrazione della luna.

Newton dimostrò che, per le leggi della gravitazione, l'attrazione cresce al diminuire della distanza dell'oggetto attirato, e diminuisce al crescere della distanza medesima. La misura esatta in cui varia l'energia della forza attrattiva si esprime nel linguaggio scientifico col dire che è in ragione inversa del quadrato della distanza; che è quanto dire che l'attrazione esercitata da un corpo, come la luna ad una data distanza è quadrupla di quella che eserciterebbe ad una distanza doppia; nove volte quella che eserciterebbe ad una distanza tripla; un quarto di quella che eserciterebbe a metà distanza, ed un nono di quella, che eserciterebbe ad un terzo di distanza e così via. Si ha così una regola aritmetica con cui si può assegnare con certezza e con precisione la misura in cui varia l'attrazione della luna per qualunque variazione della sua distanza dal corpo attratto. Vediamo ora come questa legge possa servire a spiegare l'effetto dell'attrazione lunare sulla terra.

Rappresenti A, B, C, D, E, F, G, H, il globo terrestre che, per semplicità di spiegazione, supporremo per un momento tutto coperto d'acqua. Siano M la luna, H la parte della terra più vicina ad essa, e D la più lontana. È chiarissimo che i varii punti della superficie

terrestre si trovano a differenti distanze dalla luna; A e G ne sono più lontani di H; B ed F ancora più lontani; C ed E ancora più lontani, fino a D che è il più lontano di tutti. Perciò l'attrazione che la luna esercita in H. sarà più grande di quella che esercita in A, ed in G, ancora più grande di quella che esercita in B ed F, e così di seguito, mentre l'attrazione prodotta in D, sarà la minore di tutte. Ora questa attrazione si esercita egualmente sulla materia in qualunque stato e condizione si trovi; sulle particelle dei fluidi, come su quelle dei solidi. Ma vi è una differenza negli effetti che produce sui primi e sui secondi: ed è che quando agisce sopra un corpo solido le cui parti componenti ne siano a distanze diseguali, e perciò soggette a differenti gradi di attrazione, non ne dissesta la distribuzione relativa, perchè a ciò si oppone la forza di coesione, che è il carattere del corpo solido; ma così non avviene nel caso di un fluido le cui particelle sono mobili e quando siano sollecitate da forze diseguali, cambiano in maniera corrispondente la loro relativa distribuzione.

Fig. 1.

L'attrazione che la luna esercita sullo strato d'acqua raccolto immediatamente sotto di essa, presso il punto H, è maggiore di quella che esercita sulla massa solida del globo tra H e D; quindi sarà attratto con maggiore gagliardía verso la luna il liquido che riposa sulla sua superficie in A, che non la massa solida della terra che ne è più lontana.

Il liquido che di sua natura è libero di obbedire a questo eccesso di attrazione, affluirà necessariamente in forma di una grande onda versoH, formando tra I ed R una convessità più risentita, come rappresenta la figura. Così il flusso del mare avrà luogo in H direttamente sotto la luna. L'acqua che in questo modo si raccoglie in H, vi dovrà accorrere per forza dalle regioni B ed F dove, perciò, diminuirà proporzionatamente la quantità delle acque.

Consideriamo adesso che cosa debba accadere nella parte D della terra che è più lontana della luna. Qui l'acque essendo più lontane dalla luna della solida massa della terra, che sta sotto di loro, ne saranno attratte con minor forza, ed avranno perciò una tendenza minore a gravitare verso la luna. La massa solida, DH, della terra si scosterà, per così dire, dalle acque in N in virtù della maggiore attrazione, lasciando indietro queste acque che si accumuleranno in N formando tra L e K un rigonfiamento convesso, affatto simile a quello poc'anzi descritto tra R ed I. Siccome la differenza tra le attrazioni

della luna sulle acque e sul nucleo solido che sta sotto di loro, in Z è quasi eguale all'analoga differenza in N, ne segue che le altezze delle convessità fluide in Z ed in N saranno pressochè eguali. In altre parole, l'altezza delle maree nelle parti opposte del globo, quella sotto la luna e quella che ne è più remota, sono quasi eguali.

Dietro questa spiegazione sara palese che la causa del flusso e riflusso del mare, in quanto dipende dall'influenza della luna, non è dovuta come si suppone volgarmente, alla sola sua attrazione; perchè se quest'attrazione fosse eguale su tutte le parti che compongono la terra, non vi sarebbe per certo il flusso del mare. Dobbiamo quindi cercarne la causa non nell'attrazione della luna, ma nella *diseguaglianza* di questa attrazione sulle varie parti del globo. Quanto maggiore sarà questa diseguaglianza, tanto maggiori saranno le maree. Ora, siccome la distanza tra la luna e la terra è leggiermente variabile, ne segue, che quando la prima sarà alla minima distanza, cioè nel punto che si chiama *perigeo*, le maree saranno massime; e quando sarà alla massima distanza, cioè nel punto chiamato *apogeo*, le maree saranno minime, non già perchè l'attrazione complessiva della luna sia maggiore nel primo caso che nel secondo, ma perchè il diametro della terra essendo relativamente più grande in confronto della distanza minore che non della maggiore, vi sarà alla una maggiore *diseguaglianza* nell'attrazione.

A chiunque abbia prestato appena un po' di attenzione alle esposte riflessioni, si suggerirà senza dubbio l'idea che tutto quanto si è detto relativamente all'effetto prodotto sulla terra dall'attrazione della luna sia applicabile anche all'attrazione del sole. Questo è indubitabile; ma nel caso del sole gli effetti ne sono grandemente modificati, come stiamo per dimostrare. Il sole è ad una distanza quattrocento volte maggiore di quella della luna, e per questo riguardo l'effettivo valore della sua attrazione sulla terra dovrebbe essere centosessanta mila volte minore di quella della luna; ma la massa del sole essendo molto più di centosessanta mila volte quella della luna, la forza attrattiva, che esso possiede, in confronto della luna, è resa superiore in virtù della sua massa più grande, in una proporzione di gran lunga più forte di quella, in cui ne risulterebbe più piccola per la sua maggiore distanza. In conseguenza di ciò esso esercita sulla terra un'attrazione immensamente maggiore di quella della luna. Ciò posto, se la semplice intensità dell'attrazione fosse, come si suppone comunemente, la causa del flusso e riflusso del mare, il sole dovrebbe produrre delle maree di gran lunga maggiori di quelle della luna. Invece avviene precisamente il contrario, del che la causa è

subito spiegata. Si rammenti che le maree sono divenute unicamente alla *diseguaglianza* dell'attrazione sulle differenti parti della terra, e che quanto maggiore è la diseguaglianza, tanto maggiori saranno le maree, e quanto minore è le prima, altrettanto saranno minori le seconde.

## V.

Quando si sia ben intesa la proporzione secondo cui diminuisce l'attrazione al crescere della distanza, non v'è nulla di più facile che lo sciogliere la quistione della differenza tra gli effetti del sole e della luna nel sollevare una marea.

La distanza M O della luna dal centro della terra è, in cifre tonde, di sessanta semidiametri della terra. Ora, siccome la sua attrazione sull'intera massa solida della terra è la stessa come se questa fosse tutta costipata nel centro O, e siccome si può riguardare la sua attrazione sull'acque, come eguale a quella che produrrebbe se queste fossero tutte raccolte in H, è evidente che l'attrazione della luna sulla parte solida della terra sarà minore di quella che esercita sulle acque che si trovano sulla parte della terra più vicina ad essa nella proporzione del quadrato di 60 a quello di 59, cioè di 3600 a 3481, e che quindi la *differenza* delle due attrazioni starà all'attrazione totale esercitata dalla luna sulla terra come 119 sta a 3600, ossia come 1 sta a 30 $^1/_4$. Si vede dunque che la forza che ha la luna di sollevare una marea in quella parte della terra che le è più vicina è poco meno d'una trentesima parte dell'intera sua attrazione sul globo.

Con un calcolo analogo si può determinare la forza del sole nel sollevare una marea. La distanza del sole dal centro della terra è precisamente di ventiquattromila semidiametri terrestri e la sua distanza dalla superficie delle acque della parte della terra che gli è più vicina, è quindi di ventitremilanovecentonovantanove raggi terrestri. Perciò la sua attrazione sulle acque nella parte del globo che gli è più vicina, supererà la sua attrazione sul nucleo solido nella proporzione del quadrato di 24,000 a quello di 23,999, ossia nella proporzione di 576,000,000 a 575,952,001; quindi la differenza tra le sue attrazioni sulle acque e sul nucleo solido sotto a queste starà alla sua attrazione totale nel rapporto di 47,999 a 57,600,000 cioè in quello di 1 a 12,000; e così l'efficacia del sole nel sollevare una marea sarà circa una dodicimilesima parte della sua intera attrazione sul globo.

Dal raziocinio e dal calcolo istituito, risulta dunque che la forza che

ha la luna di sollevare una marea è circa una trentesima parte della sua intera attrazione, mentre quella del sole è la dodicimillesima parte della propria attrazione. Se l'attrazione totale della luna fosse eguale a quella del sole, ne seguirebbe molto naturalmente, che la forza della luna nel sollevare una marea sarebbe maggiore di quella del sole nel rapporto di 12,000 a 30, e ciò che è lo stesso di 400 ad 1. Ma la proporzione secondo la quale risulta superiore l'influenza della luna non è così forte, perchè la sua attrazione totale è molto minore di quella del sole. Cerchiamo di quanto ne sia più piccola. Gli astronomi dimostrano che la massa del sole è eguale a 28,394,880 volte quella della luna. Se dunque la distanza del sole dalla terra fosse pari a quella della luna, l'attrazione esercitata dal primo sarebbe 28,394,880 volte più intensa di quella esercitata dalla seconda; ma poichè invece la sua distanza è 400 volte quella della luna, questo numero va diminuito nella proporzione del quadrato di 400 ossia di 160,000 ad 1. Quindi l'intensità della sua attrazione relativamente a quella della luna si troverà col solo dividere 28,394,880 per 160,000; ciò che dà 177 $^1/_2$.

## VI.

Ora, siccome la forza della luna nel sollevare una marea sarebbe 400 volte quella del sole, se le loro attrazioni totali sulla terra fossero eguali, la vera proporzione in cui la prima sarà superiore della seconda sarà invece 177 volte e mezza minore di questo numero, perchè l'intera grandezza dell'attrazione lunare è di tanto minore di quella del sole. Dunque la forza della luna di sollevare una marea sarà maggiore di quella del sole nella ragione di 400 a 177 $^1/_2$ ossia di 2 $^1/_4$ ad 1. Altri calcoli danno invece il rapporto di 2 $^1/_2$ ad 1.

## VII.

Si vede così che vi saranno maree tanto solari che lunari; e che a quella guisa che il flusso sollevato sulla luna segue il moto diurno di essa, quello prodotto dal sole seguirà il corso diurno del sole. Perciò quando il sole e la luna saranno o dalla stessa parte o da parti opposte rispetto alla terra, come avviene nelle epoche dei noviluni e dei pleniluni, le due maree si sovrapporranno; quando invece le loro direzioni saranno più discoste l'una dall'altra, come lo sono quando la luna è nelle quadrature, sarà massima la separazione dei due flussi che si troveranno a novanta gradi l'uno dall'altro sulla superficie terrestre.

Nel primo caso il flusso che verrà sollevato, corrisponderà alla somma degli effetti dell'attrazione lunare e della solare; nell'altro caso alla loro differenza.

## VIII.

Queste circostanze s'intenderanno meglio riferendosi alle fig. 2, e 3. Nella fig. 2, S rappresenta il sole, M' la luna quando è nuova, ed M quando la luna è piena. In questo caso il flusso solare coincide col lunare e si sovrappongono l'uno all'altro, producendo la così detta *marea maggiore*.

Nella fig. 3, S rappresenta il sole ed M, M' rappresenta la luna nelle quadrature. In questi casi, la marea prodotta dal sole è a novanta gradi o ad un quarto della circonferenza della terra da quella sollevata dalla luna, e le acque che formano la prima devono necessariamente essere tratte da quella parte della terra dove si produce la seconda. Riesce così evidente, che in questi casi, il flusso solare formandosi a spese del lunare, quest'ultimo sarà molto meno alto. Si ha in questi casi la *marea minore*.

## IX.

Se gli effetti fisici seguissero immediatamente, senza alcun frattempo apprezzabile, l'operazione delle loro cause, le maree prodotte dalla luna dovrebbero trovarsi sul meridiano terrestre che si trova direttamente sotto ed opposto a quel luminare: e lo stesso si può dire delle maree solari. Ma poichè le acque del globo, come tutto il resto della materia, hanno la proprietà dell'inerzia, così ci vuole un certo lasso di tempo per far loro subire un certo cambiamento di posizione. Segue da ciò che la marea prodotta dalla luna non si formerà direttamente sotto questo corpo, ma che lo seguirà ad una certa distanza. In conseguenza di ciò la marea, sollevata dalla luna, non si formerà che due o tre ore dopo la sua culminazione; e siccome l'azione del sole è ancora più debole, vi sarà un intervallo maggiore tra la culminazione del sole e la formazione della sua marea.

Se non che oltre a questa circostanza vi sono altre cause che influiscono sulle maree. Esse non sono l'effetto separato dell'uno o dell'altro di questi corpi, ma l'effetto combinato d'entrambi e per ciò ad ogni periodo del mese, il tempo in cui ha luogo effettivamente il flusso è accelerato o ritardato dal sole. Nel primo e nel terzo quarto di luna, la marea solare si trova ad occidente della lunare, e perciò l'alta

marea, che è il risultato della loro combinazione, dovrà trovarsi ad ovest del luogo in cui si sarebbe formata, se non avesse agito che la luna, e così sarà anticipato il momento della sua formazione.

Nel secondo e nell'ultimo quarto l'effetto generale del sole è di ritardare, per una somigliante ragione, il momento dell'alta marea. Que-

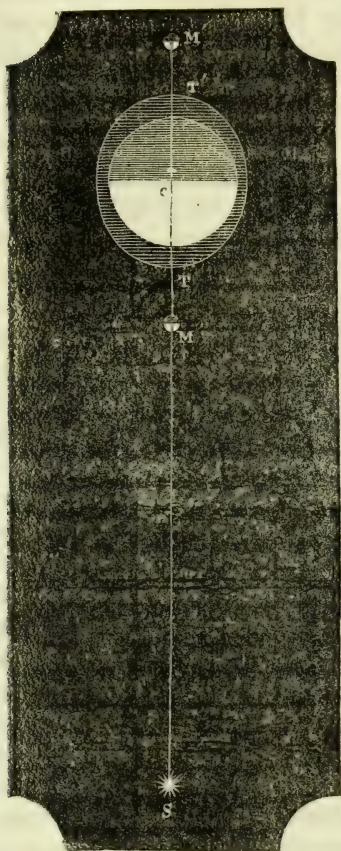
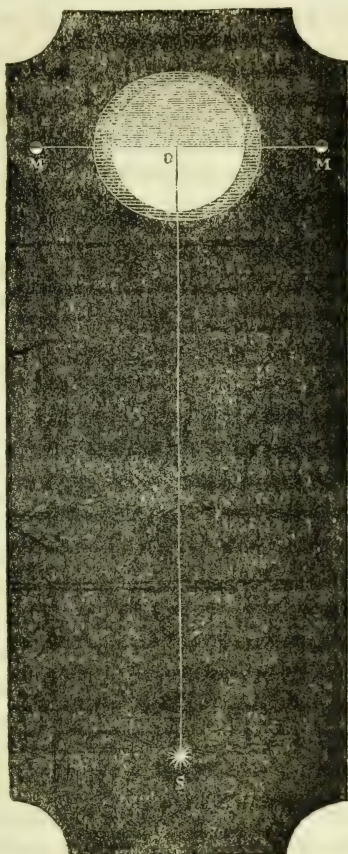



Fig. 2. Fig. 3.

sti effetti prodotti dall'azione combinata della luna e del sole si chiamano comunemente *anticipazione* e *ritardazione* del flusso.

La marea massima si verifica quando la luna passa al meridiano circa un'ora dopo del sole: perchè allora coincidono il massimo degli effetti d'entrambi i corpi.

L'argomento delle maree venne studiato con molta attenzione da parecchi scenziati in Europa. Le discussioni tenute nelle riunioni

annue dell'Associazione Britannica per il progresso della scienza, su questo soggetto, condussero allo sviluppo di molte utili cognizioni. Sono in ispecial modo stimabili i lavori del dottor Whewell su tale questione. Anche sir Gio. Lubbok ha pubblicato un bel trattato sulle maree. Il tracciare i risultati di queste ricerche in tutti i dettagli che li renderebbero chiari ed intelligibili, sorpasserebbe di molto i limiti necessarii di questo capitolo. Ci restringeremo dunque ad esporre in succinto alcuno dei punti più rimarchevoli relativi al nostro argomento.

## X.

Il tempo apparente dell'alta marea in un porto, dopo mezzodì nel giorno del novilunio e del plenilunio, è ciò che si chiama comunemente lo *stabilimento del porto.* Il dottor Whewell lo chiama stabilimento volgare, e chiama *stabilimento corretto* la media di tutti gli intervalli fra le maree e le culminazioni della luna nel periodo di mezzo mese. Questo stabilimento corretto è quindi il ritardo del flusso lunare corrispondente al giorno in cui la luna passa al meridiano, a mezzodì od a mezzanotte.

Le due maree che si succedono l'una immediatamente all'altra, o le maree del giorno e della notte, variano in un dato luogo tanto nell'altezza, quanto nel momento del flusso, secondo le distanze del sole e della luna dall'equatore. Siccome il vertice dell' acqua sollevata tende sempre a collocarsi verticalmente sotto il luminare di cui soffre l'attrazione, è evidente che di due maree consecutive, sarà maggiore quella che avverrà mentre la luna sarà più prossima allo zenit od al nadir; e che in conseguenza, quando la declinazione della luna sarà dello stesso nome della latitudine del luogo, la marea corrispondente alla culminazione della luna sarà maggiore di quella corrispondente al suo passaggio al meridiano sotto l'orizzonte e reciprocamente, risultando massime le differenze quando il sole e la luna sono in opposizione ed in tropici opposti. Questa si chiama ineguaglianza diurna, perchè il suo periodo è di un giorno; ma varia grandemente nei differenti luoghi, e le sue leggi che sembrano comandate da circostanze locali, non si conoscono che assai imperfettamente.

## XI.

Abbiamo fin qui descritti i principali fenomeni che avrebbero luogo se la terra fosse esattamente sferica, e se fosse coperta d'ogni intorno da un fluido di profondità uniforme. Ma i veri fenomeni del flusso e riflusso del mare sono infinitamente più complicati. Le interruzioni

prodotte dai continenti, la forma e la profondità irregolare dell'oceano, combinate con molte altre circostanze perturbatrici, fra cui si ponno citare l'inerzia delle acque, l'attrito contro il fondo ed il lido, la strettezza e lunghezza dei canali, l'azione dei venti, delle correnti, le differenze di pressione atmosferica, ecc. ecc. importano molta variazione, sì nell'ora che nell'altezza media del flusso in luoghi differentemente situati; e le ineguaglianze di cui si è discorso più indietro, dipendenti dalla parallasse della luna, dalla sua posizione rispetto al sole, e dalla declinazione d'entrambi questi corpi, sono in molti casi affatto cancellate dagli effetti delle influenze perturbatrici, o non ponno scoprirsi che mediante il calcolo ed il confronto di lunghe serie di osservazioni.

## XII.

Secondo il dottor Whewell, si può descrivere come segue l'andamento generale della grand'onda sollevata dall'attrazione lunare, che costituisce l'alta marea: — Non è che nell'Oceano del sud, fra le latitudini 30° e 70°, che esiste una zona d'acqua abbastanza estesa per dar luogo alla formazione di quest'onda. Ciò posto si supponga tracciata nell'Oceano indiano una linea delle maree contemporanee, quale è indicata dalla teoria, cioè nella direzione del meridiano, e ad una certa distanza ad est dal meridiano su cui si trova la luna. L'onda nel trapassare il Capo di Buona Speranza, tramanda un' ondulazione derivativa, che progredisce verso nord nell'Oceano Atlantico, conservando sempre una certa proporzione colla grandezza e colla velocità originaria. Percorrendo questo Oceano, l'onda assume una forma curva, la cui parte convessa tiene circa il mezzo dell'Oceano, e la parte più avanzata dei bracci che, in causa delle acque meno profonde, restano indietro sulle coste americane e dell'Africa, cosicchè le linee delle maree contemporanee tendono sempre a formare angoli molto obliqui colle coste, ed in fatti corrono parallele ad esse per grandi distanze. Il dott. Whewell crede che l'onda principale giunta alle Orcadi, si avanzi nel mare limitato da una parte dalle rive della Norvegia e della Siberia, e da quelle della Groenlandia e dell' America dall'altra, trapassi il polo terrestre e termini infine il suo corso sulle spiaggie circostanti allo stretto di Behring. Essa può propagare la sua influenza anche traverso lo stretto e modificare le maree dell'Oceano Pacifico. Ma un onda laterale viene diramata dalla principale nell'Oceano Germanico; e questa entrando tra le Orcadi e le coste della Norvegia, porta il flusso sulle coste orientali dell'Inghilterra e

sulle coste di Olanda, Danimarca e Germania. Continuando il suo corso, parte di essa traversa lo stretto di Dover e nel canale Britannico, incontra il flusso dell'Atlantico che arriva sulle coste europee dodici ore più tardi: passando poi lungo le coste inglesi, un altra parte di essa viene rimbalzata dalla prominente terra di Norfolk, verso le coste settentrionali della Germania, ed incontra nuovamente l'onda sulle rive di Danimarca. In causa dell'interferenza di queste varie onde, il flusso è quasi intieramente dissimulato sulle coste dell'Jutland, dove è sostituito da un alta marea contraria.

Nell'Oceano Pacifico le maree sono piccolissime: ma non si hanno sufficienti osservazioni per determinare le figure e gli andamenti delle linee delle maree contemporanee. È cosa rimarchevolissima che al-l'altura del Capo Horn e lungo tutta la costa della Terra del Fuego, dall'estremità occidentale dello stretto di Magellano all'isola degli Stati, il flusso invece di seguire la luna nel suo corso diurno, si dirige *ad oriente.* Questo però è un fenomeno parziale; ed un po' più in su, a nord dei luoghi ora nominati, le maree si dirigono *ad ovest*, ed a nord. Nel mare Mediterraneo e nel Baltico le maree sono quasi insensibili, ma offrono delle irregolarità di cui è difficile il rendere ragione. Pare che nell'Oceano indiano l'alta marea si formi ad una volta su tutte le spiaggie, sebbene non contemporaneamente nelle parti centrali.

## XIII.

Siccome le maree sulle nostre coste derivano dalle oscillazioni prodotte sotto l'influenza diretta del sole e della luna nell'Oceano del sud, le quali impiegano un certo tempo a propagarsi, ne segue che in generale il flusso da noi non è dovuto alla culminazione della luna, che ha avuto luogo immediatamente prima di esso, ma è governato dalla posizione che avevano il sole e la luna nel sollevare il flusso principale in quell'Oceano. Il tempo trascorso dalla formazione della marea originaria alla sua comparsa in un dato luogo si chiama l'*età* della marea, e talvolta, dietro Bernoulli il *ritardo* della marea. Sulle coste della Spagna e dell'America del Nord l'età delle maree è di un giorno e mezzo; quando la marea arriva nel porto di Londra pare che la sua età sia di due giorni e mezzo.

## XIV.

Nell'Oceano aperto la cresta dell'onda sollevata dalle attrazioni del sole e della luna cammina con enorme velocità. Se tutta la super-

ficie del globo fosse uniformemente coperta d'acqua, la sommità di quest'onda, obbedendo principalmente all'influenza della luna, ne seguirebbero in ogni luogo le culminazioni ad eguali intervalli di tempo e perciò farebbe il giro della terra in poco meno di ventiquattr'ore. Ora la circonferenza della terra all'equatore essendo di circa 40.000 chilometri, la sua velocità di propagazione sarebbe di circa 1,600 chilometri all'ora. La sua velocità reale però non arriva forse in nessun luogo a questo grado, e varia di molto nei differenti luoghi. Alla latitudine di 60° sud, dove l'acqua non è interrotta da continenti (tranne che dallo stretto promontorio di Patagonia), l'onda sollevata compie una rivoluzione in un giorno lunare e viaggia colla velocità di circa 800 chilometri all'ora. Esaminando la mappa delle maree contemporanee, costrutta dal dottor Whewell, si vede che il flusso principale propagandosi dall'Oceano del sud arriva dal Capo di Buona Speranza alle Azore in circa dodici ore, e dalle Azore alle parti più meridionali dell'Irlanda in circa tre ore di più. Nell'Atlantico, la sua velocità risulta in alcuni casi di 10° di latitudine o di 1,200 chilometri all'ora, cioè pressochè eguale alla velocità di propagazione del suono nell'aria.

Dall'estremità meridionale d'Irlanda alla settentrionale della Scozia si propaga in otto ore colla velocità di circa 250 chilometri all'ora lungo la costa. Sulle coste orientali d'Inghilterra e nell'acqua meno profonda la sua velocità è minore. Da Buchanness a Sunderland è di circa 96 chilometri all'ora, da Scarborough a Cromer di 56 chilometri; da North Foreland a Londra di 48 chilometri; da Londra a Richmond lungo il Tamigi di 20 chilometri all'ora. (Whewell, *Trans. Filos.*, 1833 e 1836). Nel discorrere di velocità dell'onda sollevata dalle attrazioni del sole e della luna, non si deve credere che tutta la massa d'acqua di cui essa è formata si muova con questa velocità. Se così fosse il suo impeto porterebbe ovunque irresistibilmente la distruzione. Il propagarsi del flusso non è un caso particolare dei movimenti di ondulazione, i quali sono così comunemente fraintesi, e così spesso attribuiti al fluido in cui si formano le onde, che non sarà malfatto se ci arrestiamo un istante a dare una spiegazione generale di questi movimenti.

## XV.

Quando osserviamo le onde che si producono alla superficie del mare, e che sembrano muoversi in una certa direzione, l'impressione che a prima giunta ne riceviamo molto naturalmente è, che l'acqua

del mare si avanzi proprio in quella direzione. Ci immaginiamo cioè che l'onda, che vediamo trasportarsi in quella direzione, sia sempre composta dalla stessa acqua, e che tutta la superficie del liquido sia animata dallo stesso movimento progressivo. Basta però la minima riflessione sulle conseguenze di una simile ipotesi a convincerci ben tosto che essa manca di fondamento. La nave che galleggia sull'acqua, non è spinta innanzi dall'onda. Queste le passano successivamente disotto, ora sollevandola sulle loro creste, ora lasciandola cadere negli incavi che restano tra l' una e l' altra di loro. Si osservi un uccello acquatico galleggiante sulle acque e si produrrà il medesimo effetto. Se l'acqua partecipasse al movimento delle onde, la nave e l'uccello ne sarebbero trasportati come da una corrente e riceverebbero lo stesso moto progressivo che ha il liquido. Una volta alla sommità di un onda, vi rimarrebbero di continuo, ed il loro moto sarebbe altrettanto dolce come se venissero tratti innanzi sulla tranquilla superficie d'un lago: una volta invece nella depressione che vi è tra due onde, vi rimarrebbero pure di continuo, giacchè una delle due onde rimarrebbe sempre dinanzi, e l'altra sempre dietro di loro.

Si può farne lo sperimento in un tino d'acqua. Vi si lasci cadere un pietra nel mezzo. Intorno al luogo dove è caduta si formano tosto degli anelli di onde che paiono muoversi dal luogo della caduta verso le pareti del tino. Se in qualunque parte di quell'acqua si sarà posto a galleggiare un pezzo di sughero, esso non verrà trasportato da quelle onde verso le pareti del tino, ma rimarrà nel suo luogo, e mentre le onde gli passeranno successivamente disotto, esso non ne sarà che alzato od abbassato secondo che gli passerà di sotto la cresta di un'onda o la depressione che separa un onda dall'altra.

Osservando le onde che s'infrangono contro una spiaggia orizzontale a livello dell'acqua, ci convinciamo tosto che l'acqua non è animata dal loro moto progressivo apparente, perchè in tal caso essa ben presto si spanderebbe sulla riva, inondando il paese circostante. Anzi l'acqua è tanto lungi dal partecipare al moto apparente che hanno le onde di avvicinarsi alla riva, che il loro moto continua alla stessa maniera anche quando l'acqua si ritira. Osservando un lido orizzontale, mentre decresce la marea, si trova che le onde sembrano ancora portarsi verso la riva.

## XVI.

Non possiamo dunque dubitare che il movimento apparente dell'acqua in istato di ondulazione non sia che un' illusione ottica. È però naturale la curiosità di sapere la causa di questa illusione. Che

*qualche cosa* si muova realmente, ce lo attestano ad evidenza gli occhi. Che nessun movimento di traslazione avvenga nel liquido, ci è parimenti provato e dall'evidenza degli occhi, e da altri testimoni ancora più irrecusabili. A qual cosa appartiene dunque quel movimento progressivo? rispondiamo, alla *forma* dell'onda, non al liquido di cui si compone.

Perchè questo risulti evidente, rappresentiamo con ABCDE, ecc., fig. 4, la superficie del mare; con C ed L le creste di due onde successive, con G la depressione che vi è tra di loro, e con XY il

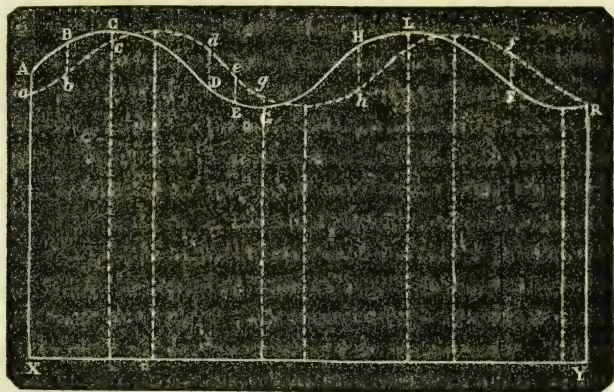



Fig. 4.

fondo del mare. Supponiamo che dopo un certo intervallo, dopo dieci secondi, per esempio, la posizione delle onde diventi *abcde*, ecc., essendo diretto il loro movimento da A verso R. Ora questo trasferirsi delle onde avviene nel modo seguente: — In quell' intervallo di dieci secondi l'acqua che era in A, si è abbassata fino in *a*, quella che era in B è discesa in *b*, quella che era in C è discesa in *c*, mentre quella che era in D si è elevata fino a *d*, quella che era in E è salita in *e*, quella che era in F è salita in *f*, e così via. Così, in quell' intervallo, tutte le parti dell'acqua di qui di un certo punto si sono abbassate e tutte quelle di là del medesimo si sono sollevate, e la quantità di cui si sono depresse le une e sollevate le altre è tale che la superficie assume la nuova posizione *abcde*, ecc.

Che la cosa sia proprio in questi termini si può verificarlo, ponendo sulla superficie dell'acqua una serie di galleggianti, e si vedrà ciascuno di questi sollevarsi o deprimersi insieme coll'acqua nella maniera ora descritta.

Si vede così che l'avanzarsi dell'onda da ACE a *cdh* in realtà non è prodotta da uno spostamento dell'acqua, ma dall'alzarsi o dall'abbas-

sarsi alternativo dei suoi differenti punti nella direzione verticale. Si intenderà così come la *forma* dell'onda possa avere realmente un moto progressivo, mentre l'acqua da cui è costituita continua sempre a rimanere nella stessa posizione sopra il fondo. Il moto effettivo delle particelle liquide da cui sono prodotte le onde, è un moto verticale alternativo d'ascesa e di discesa, per uno spazio eguale alla differenza di livello tra la cresta e la depressione di ciascun'onda, o ciò che è lo stesso, eguale al doppio dell'altezza della cresta di un'onda sul livello a cui si disporrebbe l'acqua se fosse affatto quieta e libera dalle ondulazioni

Spiegando un drappo allentato, sopra varii cilindri paralleli posti ad eguale distanza l'uno dall'altro, in modo che cada liberamente tra l'uno e l'altro di essi, il drappo presenterà l'aspetto d'una serie di onde. Se si imprimerà ai cilindri un movimento progressivo, tenendo fermo il drappo, si produrrà il moto progressivo delle onde — sembrerà che, anche il drappo si porti innanzi nella direzione del movimento.

È per lo stesso motivo che facendo girare un cavaturaccioli mentre lo si tien fermo in una posizione, esso sembra avanzarsi come fa veramente quando lo si inserisce nel turacciolo. Il punto più vicino all'occhio, e che corrisponde alla cresta dell'onda nel primo esempio, occupa continuamente una posizione differente sulla vite e si avanza di continuo verso la sua estremità.

Di questa proprietà venne fatta una graziosa applicazione in alcuni orologi da sala. Una bacchetta rotonda di vetro attortigliata in modo da formare alla sua superficie una spina in forma di vite, è inserita nella bocca di qualche figura; per esempio, d'un leone o d'un delfino, da cui sembrando che sgorghi dell'acqua, imita così l'apparenza d'una fontana. Il capo della bacchetta di vetro nascosto entro la bocca della figura, è fermato sull'asse d'una ruota, a cui il meccanismo dell'orologio imprime un moto rotatorio continuo, e l'altro capo è nascosto nel vaso che raffigura il bacino della fontana. La rotazione continua della bacchetta di vetro produce l'apparenza di un movimento progressivo dell'acqua diretto dalla bocca della figura al serbatojo, nel modo che si è spiegato per il caso della vite del cavaturaccioli e la bacchetta di vetro ha l'apparenza di un getto d'acqua che sgorghi di continuo dalla fontana e si versi sul recipiente.

Ritornando ai fenomeni del flusso e riflusso del mare è però necessario che si osservi che in questi ha luogo effettivamente un moto progressivo dell'acqua che risale il corso dei fiumi e che si spande sulle spiagge piane delle baje e dei seni. Questo per altro non è un

moto progressivo che appartenga all'onda del flusso ma quello dell'acqua che cade dall'altezza a cui è stata sollevata, come farebbe scorrendo lungo un pendìo.

## XVII.

La differenza di livello tra l'alta e bassa marea dipende da varie cause, ma specialmente dalla configurazione del continente ed è differentissima nei differenti luoghi. Dove la costa presenta dei seni profondi, aperti verso la direzione in cui si propaga il flusso e che si restringano gradatamente a foggia d'imbuto, la convergenza dell'acqua rende grandissima questa differenza di livello. Da ciò derivano le maree altissime del Canale di Bristol, della Baja di S. Malò e di quella di Fundi, dove si dice che l'acqua si innalza talvolta all'altezza d'un centinajo di piedi. I promontori, in certe circostanze, esercitano un' influenza opposta diminuendo l' altezza del flusso. Le altezze che si sono osservate presentano molta anomalía. In certi luoghi delle coste del sud-est dell'Irlanda, l'alta marea non si solleva a più di tre piedi, mentre a poca distanza da ciascuna parte ascende a dodici o tredici piedi, ed è notevole che queste piccole maree si verificano in direzione opposta al Canale di Bristol, dove (a Chepstow), la differenza tra l'alta e bassa marea arriva ai sessanta piedi. Nel mezzo dell' Oceano Pacifico questa non giunge che a due o tre piedi. Nelle darsene di Londra è in media di 22 piedi; a Liverpool di 15 piedi e mezzo, a Portsmouth di 12.5, a Plymouth ancora di 12.5 ed a Bristol di 33 piedi.

## XVIII.

Oltre le numerose cause di irregolarità dipendenti dalle circostanze locali, influisce sulle maree anche lo stato dell' atmosfera. A Brest l'altezza del flusso varia in ragione inversa di quella del barometro e cresce di più di otto pollici per un abbassamento di circa mezzo pollice nel barometro. A Liverpool un abbassamento d'un decimo di pollice nel barometro corrisponde ad un innalzamento di circa un pollice nel fiume Mersey; e nei Docks di Londra un abbassamento di un decimo di pollice corrisponde ad un innalzamento di sette decimi di pollice nel Tamigi. A barometro basso si può dunque ritenere alto il flusso e reciprocamente. Il flusso soggiace anche all' influenza dei venti. Sir Giovanni Lubbock afferma, che nel violento uragano dell'8 gennajo 1839, non vi fu marea a Gainsborough, che è venticin-

que miglia in sul Trent; — cosa di cui prima non s'era dato esempio. A Saltmarsh, sole cinque miglia sull' Ouse dal suo sbocco nell' Humber, la marea andò calando, e non tornò ad affluire se non quando il fiume fu asciutto in varii luoghi: mentre ad Ostenda, contro cui soffiava il vento, si osservarono effetti contrari. Durante i gagliardi venti di nord-ovest, il flusso segna l'alta marea nel Tamigi più presto dell'ordinario, e dà minor quantità d'acqua, perchè il riflusso dura più a lungo e segna più basso: ma quando i venti si attutano ed il tempo si calma, il flusso sorge molto più alto, perchè vi accorre molto prima che sia segnata l'alta marea, e con maggior velocità di corrente; nè il riflusso dura così a lungo, nè segna così basso.

Prof. R. Ferrini.

# INFLUENZE DELLA LUNA

**I. Opinioni popolari intorno alle influenze della Luna. -- II. La Lnna rossa. -- III. Epoche per tagliare la legna. -- IV. Supposte influenze della Luna sui vegetali. -- V. Sulla carnagione. -- VI. Sulla putrefazione. -- VII. Sulle conchiglie. -- VIII Sulle midolla degli animali. -- IX. Sul peso del corpo umano. -- X. Sulla nascita. -- XI. Sulla covatura. -- XII. Sulla alienazione mentale ed altre malattie dell'uomo; esempj di questa pretesa influenza durante gli eclissi, rapporto di Faber e Ramazzini; curioso aneddoto di un curato di campagna vicino a Parigi, esempio di Vallisnieri e di Bacone; osservazioni ed esempj di Menuret, di Hoffmann, del Dottor Mead, di Pyson e del Dottor Gall. -- XIII. Difficoltà di dimostrare la insussistenza di queste opinioni col mezzo di ragionamenti o di fatti; confutazione parziale intrapresa dal Dottor Olbers; pensieri di Arago intorno queste opinioni. -- XIV. Conclusione generale; pochissime di queste influenze hanno fondamento nei fatti.**

## I.

Gli astronomi hanno dimostrato che gli effetti della gravitazione della luna si manifestano sulla superficie della terra per mezzo di vari fenomeni. I più notevoli sono le maree dell' oceano. Ma l' opinione popolare andò più innanzi. In ogni epoca e presso tutte le nazioni essa attribuì al nostro satellite un gran numero di altre influenze, le quali non sembrano riferirsi alla semplice attrazione fisica ch' esso esercita. I cambiamenti di tempo che si supposero seguire le fasi della luna, si potrebbe credere, se avessero qualche realtà,

che siano prodotti da movimenti o correnti atmosferiche dovute al-l'attrazione della luna, come i movimenti dell'oceano.

Tuttavia vedrassi in una parte di questo lavoro, che non vi è nessuna ragione, sia teorica, sia pratica per accordare alla luna una influenza meteorologica di questa natura, e che in fatti non v' ha nessun rapporto, nessuna corrispondenza fra le fasi lunari e i cambiamenti del tempo. Esiste però una classe numerosa di altre influenze, che il pregiudizio aggiudicò alla luna.

Per quanto assurde possono sembrare sotto il punto di vista scientifico, molte di queste supposte influenze meritano di essere prese in serio esame, poichè esse prevalsero fra gli uomini nella maggior parte dei paesi, ed in tutti i tempi.

Seguendo queste opinioni popolari, e queste tradizioni, la luna è responsabile di un gran numero d' influenze sul mondo organico. La circolazione del sugo ne' vegetali, le qualità del grano, l'abbondanza della vendemmia sono ad essa attribuiti; e devesi piantare, ripiantare, abbattere legnami, tagliare le messi, pigiare le uve e regolare il trat-trattamento susseguente ad epoche ed in circostanze aventi rapporti determinati cogli aspetti della luna, se si vuole che queste produzioni del suolo sieno di qualità squisite. Stando alla credenza popolare il nostro satellite presiede pure alle malattie dell'uomo; e ciò che succede nella camera dell'ammalato è condotto, e regolato dalle fasi lunari; la sua influenza si estende perfino al midollo de' nostri ossi; e l' aumento e la diminuzione del peso di nostri corpi dipende da esso. Questa influenza non si limita ad effetti puramente fisici e organici; ma si estende anche a fenomeni intellettuali, ed è noto a tutti che essa agisce con tutta forza sulle affezioni mentali.

Se queste dottrine, queste opinioni fossero particolari di qualche nazione, ad alcune epoche solamente, meno meriterebbero la nostra attenzione. Ma è un fatto curioso, e che difficilmente si può concepire, come molte di queste dottrine regnino, ed abbiano regnate fra nazioni così lontane l' una dall' altra e così poco in relazione fra loro; ed è impossibile d' immaginare come questi errori abbiano avuto la stessa origine. In ogni modo, la lunga durata di questi pregiudizi, l'estensione del paese che invasero chiamano su essi la nostra attenzione. Ci proponiamo dunque di esaminare qui alcuni de' principali fatti de' principali argomenti relativi a questi punti. Le ricerche ed i lavori d' Arago faciliteranno il nostro cómpito.

Se si volessero analizzare tutte le opinioni popolari, tutti i pregiudizi che si riferiscono alle influenze lunari, sarebbe necessario un volume.

Ci limiteremo a indicarne i principali, e a dimostrare in poche parale quanto poco si conciliano coi principj stabiliti d'astronomia e di fisica.

## II.

— *La luna rossa.* — Si crede generalmente, sopratutto ne' d'intorni di Parigi, che, in certi mesi dell'anno, la luna eserciti una grande influenza sopra i fenomeni della vegetazione. I giardinieri danno il nome di *luna rossa* alla luna che è piena fra la metà d'aprile e la fine di maggio. Secondo la loro opinione, la luce della luna in questa epoca ha una influenza sinistra su i novelli germogli dei vegetabili. Dicono che quando il cielo è limpido, le foglie e le gemme esposte alla luce della luna divengono rosse e sono distrutte, come se la brina le avesse colpite, in un tempo in cui il termometro, esposto all'atmosfera, si tiene a molti gradi al di sopra del punto di congelazione. Dicono pure che se alcune nubi intercettano la luce lunare, impediscono questi deplorabili effetti, quantunque la temperatura nei due casi sia assolutamente la stessa. Secondo le idee di questi agricoltori, i raggi della luce lunare sono dotati di una certa proprietà frigorifica, nella stessa maniera che quelli della luce solare sono dotati di una virtù calorifica, e che mentre gli ultimi elevano la temperatura degli oggetti sui quali sono diretti, i primi, al contrario abbassano questa temperatura. In realtà, le cose succedono così? Furono fatte delle esperienze che diedero un risultato perfettamente opposto. La palla di un termometro sufficientemente sensibile per indicare un cambiamento di temperatura d'un millesimo di grado, fu posta nel fuoco di uno specchio metallico concavo di grandi dimensioni, fu diretto questo specchio verso la luna e fortemente condensati sulla bolla i raggi lunari. Tuttavia non si produsse il minimo cambiamento nella colonna termometrica, ciò che dimostra che una concentrazione di raggi, sufficente, se emanassero dal sole, a fondere l'oro, non produce nemmeno un cambiamento di temperatura d'un millesimo di grado, quando emanino dalla luna.

Nullameno, il fatto osservato dai giardinieri e dagli agricoltori è vero; solamente non hanno spinta abbastanza l'osservazione. Se avessero osservati gli effetti prodotti nelle notti chiare e nuvolose che non hanno la luna, avrebbero trovato questo satellite innocente del delitto di cui l'accusano.

Chiunque conosce i principii fisici che reggono lo splendore de'raggi e il riverberamento del calore, potrà di leggieri comprendere che i

fenomeni qui sopra indicati sono attribuiti a torto all'influenza della luna.

Tutti i corpi, qualunque sia la sostanza di cui sono formati e qualunque sia la loro temperatura, emettono continuamente dei raggi di calore, non altrimenti che il sole o tutt'altro corpo luminoso emette raggi di luce. L'intensità con cui questa emissione o irradiazione si produce dipende in parte dalla temperatura, in parte dalla specie di materia, in parte dallo stato della superficie del corpo. Più la temperatura è elevata (però ogni cosa uguale), più il radiare è intenso. Certi corpi sono buoni irradiatori, certi altri cattivi. I metalli appartengono a quest'ultima classe, il carbone alla prima. Le superficie liscie sono sfavorevoli, le superficie scabre favorevoli alla irradiazione. Tutti i corpi possono egualmente riflettere i raggi di calore che cadono sopra di essi. Ma il loro potere riflettente varia secondo lo stato della loro superficie, quelli che posseggono il maggior potere emittente, hanno il minor potere riflettente. Un cielo limpido e senza nubi, essendo in realtà uno spazio vuoto, non potrebbe riverberare verso la terra nessuna parte del calore che gli è mandato dai corpi terrestri; ma se il cielo è carico di nubi, il calore così emanato è più o meno riflesso verso la terra.

Se dunque il firmamento è, di notte, chiaro e senza nubi, tutti i corpi alla superficie della terra gli menderanno del calore col mezzo della irradiazione, senza ricevere nessuna parte di questo calore per riflessione; la loro temperatura si abbasserà e diverranno più freddi. Questo abbassamento di temperatura sarà più sensibile per i corpi buoni irradiatori del calorico che per i cattivi. Ma se il firmamento è coperto di nubi, il calore che tutti i corpi alla superficie della terra irraggeranno, loro sarà riflesso dalle nubi, e siccome riceveranno quello, o presso a poco quello ch'essi avranno dato, così la temperatura di questi corpi si manterrà costante. È sì grande il poter frigorifico d'un cielo sereno, che nei climi caldi l'acqua esposta a ciel sereno, si agghiaccia. La si pone in vasi di terra porosi (alcarrazas) all'aria libera. Per l'irraggiamento essa perde calore, e dalla sua superficie e dalla superficie del vaso; ne perde pure per la evaporazione che si compie, segnatamente alla superficie del vaso. L'effetto di queste due perdite di calore si è il congelamento dell'acqua, quantunque la temperatura dell'aria, e degli oggetti circonvicini sia assai superiore a quella della congelazione.

Le foglie ed i fiori dei vegetali sono sempre atti ad irraggiare il calore, quindi nelle notti serene, la loro temperatura si abbassa incessantemente, e tal perdita non è punto risarcita della riflessione.

Ma se, come già si disse, il cielo è coperto di nubi, le foglie ed i fiori ricevono tanto calore quanto ne emettono, e perciò la loro temperatura rimane la stessa.

La luna adunque non ha alcuna parte in tali effetti, ed è certo che i vegetali soffrirebbero in tali circostanze, tanto nel caso che la luna fosse sull'orizzonte, come nel caso contrario. Non è meno certo che, essendo la luna sull'orizzonte, i vegetali non soffrirebbero punto qualora essa fosse invisibile, imperocchè il *cielo sereno* è sufficiente, quanto la visibilità della luna, a produrre sui vegetali questi tristi effetti, e d'altra parte, le stesse nubi che velano la luna e intercettano la sua luce rimandano ai vegetali quel calore che loro impedisce di soffrire il danno di cui parliamo. L'opinione popolare è dunque giusta circa l'effetto, ma falsa in quanto alla causa, e il suo errore è reso palmare se si osserva, che in una notte serena quando la luna è nuova, cioè invisibile, i vegetali soffrono.

## III.

*Epoca per tagliare la legna.* — È opinione generale che per tagliare la legna devesi consultare l'età della luna; se la si taglia in luna crescente, non sarà di buona qualità e non si conserverà a lungo. In Inghilterra sono molto convinti della verità di questo precetto, ed in Francia nell'ultimo secolo avevasi pure tale opinione; le leggi forestali proibivano formalmente di tagliare la legna in luna crescente. Il signor Augusto di Saint-Hilaire dice che la stessa opinione regna nel Brasile. Il signor Francesco Pinto, agronomo celebre della provincia d'Espirito-Santo, gli assicurò come un fatto che la legna tagliata nello scemamento della luna era immediatamente assalita dai vermi, e presto marciva.

Nei vasti distretti forestali dell'Allemagna havvi ancora questa opinione. Un generale dei guarda boschi, Sauer, ha fino tentato di spiegare ciò ch'egli crede la causa fisica del fenomeno. Stando a lui la forza ascensionale del sugo è molto maggiore nel crescere che nel decrescere della luna, e ne conchiude che la legna tagliata nel primo o nel secondo quarto, tempo in cui i legni sono maggiormente ripieni di sugo, sarà spugnosa e più facilmente invasa dei vermi; che sarà più difficile a preparare, lavorare, e screpolerà sotto l'influenza di variazioni debolissime di temperatura; ma al contrario, la legna tagliata nel terzo e nell'ultimo quarto, epoca in cui il sugo sale con minor forza ascensionale, sarà più denso, più duraturo e più adatto alle costruzioni. Come è mai possibile di immaginare una

relazione fisica più straordinaria, più bizzarra, di questa supposta corrispondenza fra il movimento del sugo e le fasi della luna? Per verità la teoria non dà il minimo appoggio a questa ipotesi. Ma esaminiamo il fatto, e osserviamo se realmente la qualità della legna dipende dallo stato della luna al momento in cui è tagliata.

Un celebre agronomo francese, Duhamel du Monceau, fece esperienze dirette per schiarire questa proposta, e provò nel modo più esatto, che le qualità della legna tagliata nell'una o nell'altra epoca del mese lunare, sono identiche. Tagliò un gran numero d'alberi della stessa età, cresciuti nel medesimo terreno, egualmente esposti, e non trovò giammai la minima differenza di qualità fra la legna tagliata nello scemamento della luna, e quella tagliata nel suo crescere; in generale la legna aveva le stesse qualità. Aggiunge tuttavia che, in riguardo ad una circostanza fortuita, una leggera differenza manifestasi in favore della legna tagliata fra la luna nuova e il plenilunio; ciò che urta singolarmente coll'opinione generale

## IV.

*Influenza della luna sulla vegetazione.* — I giardinieri tengono per fermissimo che i cavoli e le lattughe nascono e crescono sollecitamente, i fiori si raddoppiano, gli alberi danno frutti precoci, se sono seminati, piantati e tagliati nel decrescere della luna.

Tutte queste opinioni sono erronee. Il crescere, nè il decrescere della luna ha nessuna influenza sopra i fenomeni della vegetazione; e le esperienze, le osservazioni di molti agronomi francesi, di Duhamel du Monceau fra gli altri lo hanno positivamente stabilito. Al pari di Sauer, Montanari si provò d'indicare la causa fisica di questo effetto immaginario. Di giorno, dice egli, il calore solare aumenta la quantità del sugo che circola nelle piante, poichè aumenta il diametro dei tubi nei quali si muove il sugo; il freddo della notte produce l'effetto contrario, poichè ristringe questi tubi. « Ora, nel momento in cui il sole tramonta, se la luna è nel suo « periodo di aumento, ella sarà sull'orizzonte, e il calore che la sua « luce emanerà prolungherà la circolazione del sugo; ma durante il « suo decrescere, la luna non apparirà che un certo tempo dopo il « tramonto del sole, ed i vegetali saranno improvvisamente esposti al « freddo non attenuato della notte; e ne risulterà una contrazione « repentina delle foglie e dei tubi, e la circolazione del sugo si fer« merà istantaneamente. »

Se si ammette che i raggi della luna hanno un potere calorifico qualunque, questo ragionamento merita di essere preso in considerazione: ma lo si troverà insufficiente quando si rifletta che il maggiore cambiamento di temperatura, che la luce lunare può produrre, è nemmeno d'un millesimo di grado del termometro ($^{1}/_{20000}$ di grado centigrado, secondo Arago).

È curioso che le idee qui sopra espresse regnino anche in l'America. Il signor Augusto di Sant-Hilaire dice che nel Brasile i coltivatori piantano, nel decrescere della luna, tutti i vegetabili a radici alimentarie, e al contrario, in luna crescente, la canna di zucchero, il maiz, il riso, i fagiuoli, ecc. e generalmente tutti i vegetabili, nei tronchi e nei rami de'quali trovansi le sostanze nutrive. Nullameno alcune esperienze fatte alla Martinica, e riferite del signor *De Chanvalon,* risulta che i vegetali dell'una e dell'altra specie, piantati in diverse epoche del mese lunare, non hanno mostrata alcuna differenza nelle loro qualità

Nella norma adottata dagli agronomi dell'America del sud, norma in virtù della quale governano diversamente la coltura delle due classi di piante accennate, forse avvi qualche traccia di un principio di fisica; ma nessuna ve n'ha nella massima degli Europei. Le prescrizioni di Plinio sono ancora più dettagliate; così raccomanda l'epoca del plenilunio per seminar i fagiuoli, e quella del novilunio per saminare le lenti. « In verità, dice Arago, bisogna essere ben credulo per ammettere, senza prova, che a 80,000 leghe (240,000 miglia) di distanza, la luna, in una delle sue posizioni, agisca vantaggiosamente sulla vegetazione della fava, e che nell'oposta posizione siano le lenti ch'essa favorisce! »

*Influenza della luna sui grani.* — » Se si raccolgono i grani per tosto venderli, dice Plinio, ciò si faccia nel plenilunio; imperocchè, nel crescere della luna, i grani crescono notevolmente di grossezza, ma se si vogliono conservare, fa duopo scegliere il tempo del novilunio o dello scemamento. » Questo precetto d'agronomia, in quanto si riferisce all'osservazione che cade maggior quantità di pioggia durante il periodo crescente, che nel periodo decresciente, non è senza qualche fondamento; ma Plinio, o coloro dai quali lo ricevette, non l'hanno stabilito su questo fondamento; d'altra parte la differenza tra la quantità d'acqua che cade nei due periodi è così tenue che essa non può produrre gli effetti in discorso.

*Influenza della luna sulla fabbricazione del vino.* — È massima dei proprietarii di vigneti, che il vino fabbricato nel decorso di due lune non è di buona qualità e non si può chiarificare. Toaldo, il celebre

meteorologista italiano, volle giustificare tale massima « La fermentazione del vino, dice egli, non può abbracciare due lunazioni se non nel caso ch' essa incominci immediatamente avanti il novilunio; e poichè in tal caso ciò ha luogo allorchè la faccia rischiarata della luna si trova dalla banda opposta alla terra, la nostra atmosfera è privata del calore dei raggi lunari; per conseguenza, la temperatura della terra è bassa e la fermentazione meno attiva. »

Per mostrare la falsità di un tale ragionamento basta ben poco. I raggi della luna non cambiano la temperatura dell'aria neppure di un millesimo di grado, e la differenza di temperatura di due cantine vicine, ove fabbricasi il vino in un dato istante, dev'essere ben molte volte più grande, tuttavia non è mai passato per la mente di alcuno che una tale circostanza possa influire sulla qualità del vino.

Secondo le massime meteorologiche degli antichi, il risultato delle vendemmie era assai più influenzato da una stella particolare, che si poteva appena mettere fra quelle di prima grandezza, che dalla luna. Questa stella nemica dell'uva chiamasi Procione nella costellazione del Cane minore. Plinio riferisce l'opinione che regnava in que'tempi, e secondo le quale Procione decideva della sorte delle vendemmie, e abbrucciava l'uva.

Ma, puossi domandare, in qual modo l'influenza malefica di Procione poteva essere attiva in certi anni, e insensibile in certi altri? Procione, stella fissa, occupava e occupa tuttora il medesimo posto sul firmamento; e qualunque sia l'influenza fisica che esercita sulla terra, questa influenza non può mutare da un anno all'altro. Se si risponde che il numero delle notti serene è più o meno grande secondo gli anni, siamo ancora ai pregiudizii della luna rossa; la spiegazione che ne fu data si riferisce a Procione, e Procione non è malfattore, ma solo testimonio del male.

Tuttavia, siccome questo antico errore sembra ora sradicato, non ci dilungheremo a confutarlo.

È una massima dei mercanti di vino d'Italia, che il vino non devesi mai travasare ne'mesi di gennaio o di marzo, a meno che ciò si faccia nel decrescere della luna, sotto pena di mandarlo a male.

Toaldo non ci diede una ragione fisica di questa massima; ma devesi notare che Plinio appoggiato a Igino, raccomanda appunto il contrario. Da queste due opinioni opposte possiamo conchiudere a ragione che la luna non ha nessuna influenza in questo caso.

Fra i precetti di Plinio troviamo che i grappoli devono essere pigiati di notte in luna nuova, e di giorno nel plenilunio.

Quando la luna è nouva, essa è sotto l'orizzonte di notte, e sopra

di giorno. La massima di Plinio equivale dunque alla condizione di pigiare i grappoli quando la luna è sotto l' orizzote. Evidentemente l'assenza della luna non è neccessaria in questo caso in conseguenza di alcun effetto che la sua luce potrebbe produrre se essa fosse presente, poichè quando la luna è nuova, essa non dà nessuna luce, anche quando è sull'orizzonte, essendo la sua parte rischiarata opposta alla terra. Se la massima è fondata su qualche ragione, certamente sarà o sopra un'influenza che si suppone prodotta dalla luna quando è presente, indipendentemente dalla sua luce (di cui si teme e si evita l'influenza), o sopra qualche effetto che supponiamo essa produrre a traverso la massa solida del globo terrestre quanto ne è al lato opposto, effetto ch' essa non potrebbe produrre senza la sua interposizione. Questa massima è probabilmente tanto assurda, tanto sprovvista di ogni fondamento, quanto gli altri effetti attribuiti alla luna.

## V.

*Infiuenza della luna sulla carnagione.* — In molte parti dell'Europa, si tiene per fermo che la luce della luna ha la proprietà d'imbrunire.

È un fatto conosciuto in fisica e nelle arti che la luce esercita una influenza sul colore delle sostanze materiali. Il processo dell'imbiancamento mediante l'esposizione al sole, ne è un esempio manifesto. I vegetali e i fiori che crescono lungi dalla luce solare hanno un colore differente da quello dei vegetali esposti alla di lui influenza. Tuttavia, l'esempio più notevole dell'effetto di certi raggi della luce solare nell'annerire una sostanza leggermente illuminata è somministrato dal cloruro d'argento, sostanza bianca, ma che si annerisce immediatamente allorchè cadono sopra di essa i raggi vicini all'estremità violetta dello spettro.

Questa sostanza però, malgrado la sua suscettibilità, e quantunque la luce agisca facilmente sul suo colore, pure non cambia sensibilmente quando viene esposta alla luce della luna, anche quando questa luce fu condensata nel fuoco della più forte lente. Sembrerebbe dunque, che infondata sia l'opinione popolare la quale accorda ai raggi della luna la proprietà di annerire la pelle.

Arago (che generalmente inclinava piuttosto a favorire che a combattere le opinioni popolari) riteneva possibile che la pelle, esposta al sereno, subisse qualche influenza che potevasi spiegare con quel mede-

simo principio, mediante il quale furono precedentemente spiegati gli effetti attribuiti alla luna rossa. La pelle, essendo al pari delle foglie e dei fiori dei vegetali, un buon irradiatore del calore, deve soffrire un abbassamento di temperatura, quando essa è esposta al sereno, e anche per lo stesso motivo. Quantunque questa perdita sia compensata fino a un certo punto dal calore animale, pure il raffreddamento prodotto dall' irraggiamento non è sempre del tutto senza conseguenze.

Ognuno sa che una persona che dorme all'aria aperta di notte, quando cade della rugiada, può soffrire un freddo intenso quantunque l'atmosfera ambiente abbia una temperatura moderata, e che nessuna deposizione di rugiada facciasi sulla pelle. Questo deve derivare dall'abbassamento di temperatura incessante che succede alla superficie della pelle per irraggiamento.

L'abbronzamento del bivacco è una parola famigliare ai soldati francesi, che fecero campagne di guerra. La parola abbronzamento esprime una certa proprietà assoluta dell'atmosfera, proprietà mercè la quale imbrunisce la pelle. Il soldato non ignora che questo effetto si produce nelle notti serene quando la faccia è esposta all'aria. Ma l'atmosfera non è causa del male. Per convincersene basta disporre fra il cielo ed il viso un parafuoco; allora, quantunque la faccia sia completamente al contatto dell'aria, pure non annerisce.

Nel sud della Francia, le madri premuniscono le proprie figlie contro le passeggiate notturne, ricordando loro un vecchio proverbio; riflettete, loro dicono esse, « che il sole ed il sereno rende la pelle bruna ». È da notarsi che questo proverbio non accusa per nulla la luna di un male che essa non produce. La scienza non ha a ridire.

## VI.

*Influenze della luna sulla putrefazione.* — Plinio e Plutarco hanno trasmessa come una massima che la luce della luna affretti la putrefazione delle sostanze animali e le copra d' umidità. La stessa opinione regna nelle Indie occidentali e nell' America del Sud. Vi è pure la credenza che certe specie di pesci, esposti alla luce della luna perdono il loro gusto e divengono molli e flosci, e che quando un mulo ferito è stato esposto a questa luce di notte, la ferita s' irrita e diventa talvolta incurabile.

Tutti questi effetti, se però sono veri, possono spiegarsi al pari degli effetti attribuiti alla luna rossa. Le sostanze animali, esposte di notte a un cielo sereno, sono suscettibili di ricevere la rugiada;

ora, l'umidità affretta la putrefazione. Ma sarebbe la stessa cosa, se il cielo fosse sereno, sia la luna sull'orrizzonte, o no. La luna, in questo caso è dunque un testimonio, non un attore.

VII.

*Influenza della luna sulle conchiglie.* — Le ostriche e le altre conchiglie sono più grosse sul crescere che sul decrescere della luna. Questa opinione non è nuova. Il poeta Lucilio, Aulo Gellio ed altri ne hanno parlato, ed i membri dell'Accademia del Cimento sembrano averla tacitamente ammessa, poichè procurano di darne spiegazione. Tuttavia il fatto fu accuratamente studiato da Rohault; egli ha confrontato le conchiglie pescate in tutti i periodi del mese lunare senza trovarvi differenza di qualità.

VIII.

*Influenza della luna sul midollo degli animali.* — La maggior parte de'macellaj sono convinti che il midollo delle ossa è in maggiore o minor quantità, secondo la fase della luna, in cui l'animale è ucciso. Rohault fece anche l'esame di questo pregiudizio, e continuò le sue osservazioni per 20 anni, e provò che tutto era falso.

IX.

*Influenza della luna sul peso de' corpi umani.* — Santorio, il di cui nome è illustrato dall'invenzione del termometro, teneva per certo che un uomo sano guadagnava due libbre all'incominciare di ogni mese lunare, e che le perdeva verso la fine. Questa opinione di Santorio, basata su alcune esperienze fatte sopra sè stesso, prova che non bisogna mai aver fretta di generalizzare. In fatti questo non è che una coincidenza fortuita, e Santorio avrebbe certamente riconosciuto il proprio errore se avesse continuate più a lungo le sue esperienze.

X.

*Influenza della luna sopra le nascite.* — È generale l'opinione che i parti sono più frequenti nello scemamento della luna che in luna crescente. Confrontato il numero delle nascite con i periodi del mese

lunare, si credette fondata questa opinione. Tuttavia per renderla incontrastabile, dovrebbesi sottometterla a un nuovo esame. Fino a tal punto avremo dei dubbj. Altri fenomeni relativi alla generazione, e che supponesi abbiano qualche rapporto col mese lunare, ne hanno, in realtà, nessuno.

## XI.

*Influenza della luna sulla incubazione.* — Secondo Plinio devonsi mettere le uova a covare in luna nuova. In Francia è massima generale, che i pulcini si allevano più facilmente e sono migliori quando rompono il guscio verso la luna piena. L'esperienza e le osservazioni del signor Girou de Buzareingues diedero peso a questa opinione. Ma per stabilire questo precetto è necessario moltiplicare queste osservazioni. Il signor Girou è d'opinione che nelle notti oscure della luna nuova le galline stanno immobili sulle uova e così uccidono i loro pulcini, o rallentano il loro sviluppo per abbondanza di calore; al contrario, nelle notti rischiarate dalla luna le chioccie sono meno quiete e l'effetto qui sopra esposto non avviene.

## XII.

*Influenza della luna sulle affezioni mentali, e su altre malattie.* — L'influenza attribuita alla luna sulle malattie dell'uomo è d'assai antica data. Ippocrate credeva tanto fermamente all'influenza dei corpi celesti su gli esseri animati, che raccomanda espressamente di non rivolgersi a un medico che ignori l'astronomia. Galeno ad imitazione d'Ippocrate, è pure di questa opinione, ma sopratutto credeva all'influenza della luna. Ne derivò che nelle malattie si fecero corrispondere i periodi lunari ai diversi periodi del male. I giorni critici o *le crisi* come furono chiamati in seguito, furono il settimo, il quattordicesimo, o il ventunesimo giorno della malattia, i quali giorni corrispondono agli intervalli che separano le principali fasi della luna. Nel regno dell'alchimia si considerava il corpo umano come un microcosmo (piccolo mondo); il cuore, che rappresentava il principio della vita, era posto sotto l'impero del sole; il cervello era sotto la dipendenza della luna. Ogni pianeta aveva un'influenza propria. Giove aveva l'impero sui polmomi, Marte sul fegato, Saturno sulla milza, Venere sulle reni e Mercurio sugli organi della generazione. Di queste idee grottesche, non rimane al giorno d'oggi che una parola, la parola *umor lunatico,* che indica tuttora infermità

di spirito. Ma questa parola istessa è quasi del tutto bandita dalla terminologia medica.

Quantunque l'antica credenza nella connessione delle fasi della luna coi fenomeni della pazzia sembri presso a poco abbandonata, pure ha ancora dei partigiani; e credo che non si abbiano fatte delle serie esperienze, proprio scentifiche, per atterrare questa creduta connessione. Vi sono ancora medici distinti di mente elevata che sostengono che i parossismi dei pazzi sono più violenti quando la luna è piena, che in qualunque altro tempo. Matteo Faber cita l'esempio di un pazzo che nel momento stesso di un ecclisse di luna, diveniva furioso, brandiva una spada, e colpiva a destra e a sinistra tutti gli astanti. Si osservò che a misura che il giorno dell'ecclisse si avvicinava, l'ammalato diveniva tetro e melanconico; da cui sembra potersi conchiudere, che l'immaginazione eccitata all'avvicinarsi del fenomeno aveva maggior parte nella crisi che la luna.

Ramazzini riferisce che nella febbre epidemica che, maltrattò l'Italia nel 1693, gli ammalati morirono in numero straordinario il 21 gennaio, nel momento d'un ecclisse di luna. Senza discuttere questo fatto (che per render costante sarebbe necessaria la statistica delle morti quotidiane) si può congetturare che gli ammalati che perirono in quel modo ed in così gran numero, nel momento dell'ecclisse, avessero avuto forse l'immaginazione esaltata, e che, se la pubblica opinione attribuiva all'ecclisse qualche pericolo, all'avvicinarsi del fenomeno, venissero colpiti da fortissima paura.

In epoca molto vicina alla precedente, nel mese d'agosto 1654, si racconta che gli ammalati erano rinchiusi per ordine dei medici in appartamenti appositi, riscaldati e profumati. Lo scopo di questa misura era di sottrarli all'influenza malevole dell'ecclisse di sole che avvenne in quel tempo. Tale era la costernazione delle persone di ogni classe, tale era il numero di quelli che accorrevano ai confessionali, credendosi agli estremi momenti di vita, che gli ecclesiastici non potevano a tutti amministrare il sacramento della penitenza. A questo proposito si attribuisce a un curato dei dintorni di Parigi un aneddoto faceto. Questo bravo uomo per rassicurare la mente dei suoi fedeli, e procacciarsi il tempo necessario per accudire ai proprj affari, li convocò e li assicurò che l'ecclisse era prolungato di quindici giorni.

Fra i più ragguardevoli esempi dell'influenza attribuita alla luna sul corpo umano, due maggiormente fissano l'attenzione, quelli di Vallisnieri e di Bacone. Vallisnieri dice che trovandosi a Padova convalescente di una lunga malattia, soffrì il 12 maggio 1706, durante

l'ecclisse di sole, una fatica e dei tremiti insoliti. Bacone non assisteva mai ad un ecclisse senza svenimento; e non ricuperava i sentimenti se non al cessare dell'ecclisse.

D'altronde, dice Arago, affinchè questi due esempii provino all'evidenza l'esistenza delle influenze lunari, è necessario stabilire che la debolezza del temperamento, che la pusillanimità non sono giammai collegati con eminenti qualità della mente: ma questa è una tesi in cui non voglio impegnarmi.

Menuret è convinto che le malattie cutanee hanno una connessione manifesta colle fasi lunari. Nell' anno 1760 osservò egli stesso, un ammalato affetto dalla tigna. Questo ammalato nello scemare della luna, soffriva sempre più fino alla luna nuova, e in questo periodo coprivasi il viso ed il petto, e si manifestavano pruriti insopportabili. A misura che la luna cresceva, questi sintomi sparivano poco a poco, l'eruzione abbandonava il viso; quando il pleni-lunio era passato, succedevansi gli stessi accidenti. Questo stato di cose durò tre mesi.

Menuret dice pure d'avere osservata una simile corrispondenza tra le fasi lunari e la rogna.

Ma il male teneva precisamente i periodi opposti all'affezione precedente; il suo massimo era nel plenilunio, ed il suo minimo nel novilunio.

Senza mettere in dubbio l' esattezza di questi fatti, senza tacciare come sospetta la buona fede del medico che li garantisce, devesi osservare che questi fatti non provano che una strana coincidenza. Se vi fosse stato un rapporto di causa e d'effetto fra le fasi lunari ed i fenomeni di queste due malattie, la stessa causa non avrebbe mancato di produrre il medesimo effetto in simili circostanze, e non saremmo ridotti, per conoscere positivamente l'influenza della luna, a casi isolati, osservati e riferiti da un medico che era vero credente e partigiano di questa influenza.

Maurizio Hoffman riferisce un caso che osservò in uno dei suoi clienti; si trattava di una donna giovane, figlia d'un epiletico. L'addomine di questo soggetto si gonfiava ogni mese nel crescere della luna, e riprendeva la sua forma naturale nel decrescere.

Se Hoffman avesse dati maggiori dettagli, se inoltre, fossimo sicuri che questo fatto strano avesse durato a lungo, non si potrebbe negare legittimamente l'esistenza d'un rapporto di causa e d' effetto tra le fasi della luna e la malattia della giovane donna: ma il fatto è descritto in maniera vaga, e non si sa per quanto tempo si riprodusse; che cosa potremo conchiudere? Havvi in ciò una coincidenza

fortuita, e deesi porre questo fatto nella categoria dei sogni, dei prodigi ecc., ecc.

Come si può naturalmente prevedere, le affezioni nervose hanno somministrati gli indizi i più frequenti di un rapporto colle fasi lunari. Il celebre Mead credeva non solamente all'influenza della luna sull'uomo, ma anche a quella di tutti i corpi celesti. Egli cita il caso di un fanciullo che soffriva sempre convulsioni nei momenti della luna piena. Pyson, altro credente, cita il caso di un paralitico il di cui male si rinforzava in luna nuova. Menuret parla di un epiletico al quale la luna piena aumentava gli accessi. Società scientifiche danno gran numero di esempii di vertigini, di febbri maligne, di sonnambulismi, ecc., ecc., i cui parossismi corrispondevano più o meno alle fasi della luna. Gall dice d'aver osservato egli stesso che gl'individui deboli hanno sempre due epoche in ogni mese in cui la loro irritabilità è particolarmente eccitata, e in un'opera pubblicata a Londra nel 1829, assicura che queste due epoche sono la luna nuova e il plenilunio.

## XIII.

Per combattere tutti questi esempii di effetti attribuiti all'influenza della luna, abbiamo poche prove dirette.

Non è cosa facile il sostenere la negativa.

Sarebbe desiderabile, che in alcuni dei nostri grandi stabilimenti di pazzi, si registrassero i momenti di tutti gli eccessi, di tutti i parossismi notevoli.

Un confronto susseguente di questi fenomeni coll'età della luna darebbe una base per avere delle conclusioni legittime e sicure. Si ignora se una persona dotta abbia diretta tutta la sua attenzione sul soggetto che noi trattiamo, meno il dottore Olbers, di Brema, reso celebre dalla scoperta dei pianeti Pallade e Vesta. Egli dichiara che nel corso di una lunga pratica medica, non potè mai notare la minima relazione fra le affezioni morbose e le fasi della luna. Arago, nullameno, dice che è prudente filosofia il non decidere troppo superficialmente contro questa influenza.

» Il sistema nervoso, egli dice, è un istromento per molti riguardi
» più dilicato assai che i più complicati apparecchi dei fisici moder-
» ni. E chi ignora infatti che i nervi olfatori ci indicano nell'aria,
» materie odorifere, di cui nessuna analisi chimica non potrebbe
» trovar le traccie? Per avere un secondo esempio di questa esterna

» sensibilità facciamo penetrare nell'occhio quella debole luce lu-
» nare, che enormemente condensata, non ha agito nè come calore
» sul termometro il più sensibile, nè chimicamente sul cloruro d'ar-
» gento; ebbene la pupilla si contrarrà all'istante! Nullameno i te-
» gumenti di questa membrana sembrano perfettamente inerti quando
» la luce colpisce essi soli; però la pupilla resta del tutto immobile
» quando è fregata colla punta di un ago, quando è inumidita con li-
» quori acidi, quando si fanno scoccare sulla sua supercie scintille
» elettriche; la retina stessa però, la cui irritazione doveva, come di-
» cesi comunicarsi simpaticamente colla pupilla, non sembrerebbe
» avere con essa relazione diretta, e non offre nessun indizio d'ir-
» ritazione sotto l'azione degli agenti meccanici più attivi. Questo mi-
» sterioso fenomeno dimostra con quanto scrupolo noi dobbiamo pro-
» cedere quando dalle esperienze, che si fanno sopra sostanze inani-
» mate passiamo al caso molto più difficile dei corpi dotati di vita ».

## XIV.

Diciamo terminando — e questa sarà la nostra conclusione, — che fra tutte le influenze che supponiamo, in generale, esercitarsi alla superficie del nostro globo, poche sono quelle che sono realmente fondate.

Dott. Ferrari Fausto

# NOTE

1.ª Nota sul paragrafo II. — Nessuno prima del signor Wells, aveva immaginato che i corpi terrestri, meno il caso di una evaporazione pronta potessero acquistare di molto una temperatura differente di quella dell'atmosfera da cui sono circondati. Questo fatto importante è ora bene stabilito. Se si pongono all'aria aperta delle piccole masse di cotone, di lanuggine d'uccelli ec., si trova sovente che la loro temperatura è di 6. di 7 e anche di 8 gradi centigradi al di sotto della temperatura dell'atmosfera ambiente. I vegetali sono nel medesimo caso. Non bisogna dunque giudicare dal freddo, che una pianta ha sofferto di notte, colle sole indicazioni di un termometro sospeso nell'atmosfera: « la pianta può essere gelata. « quantunque l'aria siasi costantemente mantenuta a molti gradi al di sopra « dello zero.

« Queste differenze di temperatura fra i corpi solidi e l'atmosfera non si elevano « a 6, 7 o 8 gradi del termometro centesimale, che in un tempo perfettamente se« reno. Se il cielo è coperto di nubi, la differenza sparisce del tutto, o diviene « insensibile ». (Arago, *Ann. pel* 1833, pag. 216).

Nel paragrafo II, al quale noi aggiungiamo questo estratto di Arago, si disse la ragione di questa differenza di temperatura; l'irraggiamento. Ma l'irraggiamento non avviene in modo sensibile che quando il cielo è sereno. Un cielo sereno, questa è la condizione *sine qua non* dell'abbassamento di temperatura de' corpi esposti di notte all'aria aperta.

2.ª Plinio, oltre le raccomandazioni che abbiamo vedute, fa anche questa. Si deve far cuocere la sapa di notte se la luna è in congiunzione, e di giorno s'essa è piena

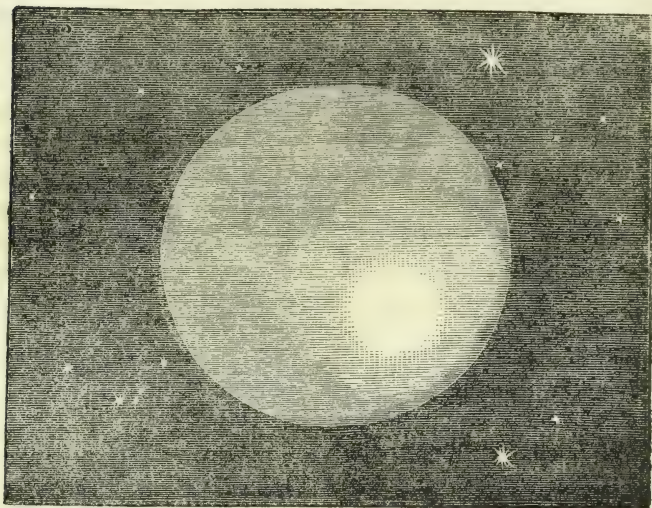
Questo non può significare che una cosa, vale a dire, che per far conoscere la sapa è necessario che la luna sia tramontata. Ora, dice Arago, nel tempo della congiunzione la luna, anche quando è sull'orizzonte, non rischiara la terra.

Così, nel caso presente, l'azione del nostro satellite non potrebbe dipendere dalla sua luce.

Questa azione, qualunque ne sia la natura, dovrebbe per soprappiù non potersi trasmettere attraverso della sostanza del nostro globo, giacchè cesserebbe appena che la luna sarebbe tramontata. Ecco una circostanza che non sembra atta a confermare l'aforismo di Plinio, senza le prove più positive.

3.ª Non fu trattata, nelle influenze della luna, la quistione di conoscere se questo satellite eserciti un' influenza sulle pioggie, sui venti, ecc.

L'esame di questa quistione spetta al *trattato dei pronostici del tempo.*

# INFLUENZE DELLE COMETE

*Veduta telescopica della cometa di Encke, data da Struve, come appariva nel 7 novembre 1828.*

## Capitolo primo.

I. Tendenza volgare a porre una connessione tra gli avvenimenti terrestri ed i fenomeni celesti. -- II. Credenze popolari sull' influenze delle comete. -- III. Descrizione delle comete, loro natura -- attrazioni -- loro forma, volume e massa -- code -- densità -- non sono luminose. -- IV. Discussione della quistione dell' incontro di una cometa colla terra, e suoi risultati. -- Cometa del 1832, del 1805. -- Probabilità di un simile avvenimento -- V. Discussione della quistione dell' influenza delle comete sulla temperatura delle stagioni. -- VI. Discussione della quistione del passaggio della terra traverso la coda di una cometa e delle sue probabili conseguenze. -- VII. Supposizioni adottate da alcuui autori sulla facoltà delle comete di produrre delle epidemie. Cometa del 1680. -- Gran pestilenza di Londra. -- La Cometa del 1668 incolpata di avere prodotto una notevole epizoozía in Vestfalia -- VIII. Cometa del 1746. -- Le sono attribuiti i terremoti di Lima e di Callao. -- IX. Diverse influenze attribuite a comete particolari. -- Tremuoti. -- Pestilenze. -- Le vittorie dei turchi sotto Maometto II.

### I.

In tutte le età e presso tutte le nazioni, si trova dominante una tendenza a connettere gli avvenimenti terrestri coi fenomeni celesti.

La credenza popolare in questi casi non va in traccia di ragioni su cui fondarsi. Non si dà nessun pensiero di stabilire fra loro una relazione di causa ad effetto. I fenomeni osservati in cielo, qualunque essi siano, non si riguardano che come l'annunzio, il precursore ed il presagio degli avvenimenti terrestri, da cui si suppongono accompagnati o seguiti. Quando i fenomeni celesti, considerati sotto questo aspetto, sono di loro natura periodici e ricorrenti, come avviene dell'avvicendarsi delle fasi lunari, si cerca in qualche maniera di generalizzare gli effetti loro attribuiti e di ridurli a regole. Ma nel caso di quei fenomeni celesti, che sono accidentali e straordinari, e che non presentano il carattere della periodicità, non si ponno stabilire quelle regole generali. Anche in questi casi però, gli uomini non sono meno pronti e confidenti nell'imputar loro qualsiasi avvenimento straordinario che abbia avuto luogo o contemporaneamente al fenomeno e immediatamente dopo.

## II.

In questa seconda classe di fenomeni accidentali, le comete tengono un posto cospicuo, ed in tutte le età ed in tutti i paesi hanno operato potentemente sull'immaginazione superstiziosa dell'umanità. Questi corpi nei tempi moderni ed illuminati poco meno che nelle epoche più oscure, e fra le nazioni più colte poco meno che fra le più barbare, eccitarono sentimenti d'inesprimibile terrore e vennero riguardati come i forieri o precursori della più straordinaria varietà di effetti fisici, fisiologici, sociali e politici. Vennero attribuiti loro, senza esitanza, gli straordinari eccessi di freddo o di caldo nelle stagioni, fossero generali o locali; le tempeste di neve, la grandine, i venti e le pioggie, gli uragani, i tremuoti, le eruzioni vulcaniche, le innondazioni, le siccità, le nebbie, le epidemie di qualunque maniera e di qualunque carattere, sia che infestassero gli uomini o gli animali inferiori, la riuscita delle messi e delle vendemmie, tanto di carestia che di abbondanza, tanto di buona che di cattiva qualità; la fecondità delle donne, le nascite e le morti di uomini straordinari, le mosse degli eserciti e la caduta degli imperi.

## III.

Senza arrestarci a mostrare come sarebbe facilissimo, l'assurdità manifesta e la flagrante contraddizione ed insussistenza della maggior parte di queste influenze o di questi effetti ipotetici, spiegheremo

brevemente quanto si è imparato dall'osservazione sulla natura di questi corpi a cui si attribuiscono effetti così differenti e così straordinari. Questa spiegazione basterà da sè stessa a distruggere la massima parte di quegli errori. Paragoneremo poi gli effetti imputati alla presenza ed all'influsso delle comete colle date delle loro apparizioni, col loro numero e colla loro grandezza e prossimità, per verificare se abbia realmente esistito quella supposta corrispondenza.

Le comete non sono, come si riteneva anticamente, dei fenomeni atmosferici. Esse muovonsi nelle regioni dello spazio occupato dai pianeti. Moltissime di loro arrivano nel sistema solare da parti dell'universo che si stendono ad enormi distanze oltre i suoi limiti, e dopo essere passate frammezzo ai pianeti ed essere giunte più o meno vicine al sole, scompajono di nuovo, portandosi a distanze non meno remote.

Il numero di quelle che sono state realmente vedute e di cui si sono registrate le apparizioni, ascende a più centinaja. Ma quando si considerino partitamente la probabilità che questi corpi rimangano invisibili durante gl'intervalli, spesso assai corti, del loro passaggio traverso il sistema solare, il gran numero di quelle che non si ponno vedere senza l'ajuto del telescopio, la frequenza dei casi in cui hanno tali posizioni da non trovarsi sopra l'orizzonte degli osservatori che di giorno, o da non essere a portata d'essere veduti che a quelle latitudini dove non ci sono osservatori, risulterà evidente che il numero delle comete effettivamente osservate non sono che una piccola frazione del numero totale di quelle che hanno visitato il nostro sistema.

Ragionando dietro i comuni principj della dottrina delle probabilità, Arago ha dimostrato che il numero delle comete che hanno traversato il nostro sistema, non può essere meno di tre milioni e mezzo, e che può darsi che arrivino al doppio di questo numero. Anche dietro le limitate nozioni che Keplero aveva potuto acquistarsi in su questi corpi, quell'astronomo dichiarava che vi erano più comete nello spazio che pesci nel mare ».

Delle molte centinaja di comete di cui vennero ricordate le apparizioni, a datare dalle più antiche notizie storiche su questi corpi, circa duecento sono state osservate dagli astronomi nei brevi intervalli delle loro apparizioni con sufficiente precisione per poterne calcolare il giro o l'orbita in cui si movevano. Queste calcolazioni condussero a risultati della più rilevante importanza, perchè stabilirono dimostrativamente il fatto che queste comete sono masse di materia ponderabile. Le figure delle loro orbite ne sono una prova.

Newton ha dimostrato che se un corpo si muove lungo una curva d'una delle forme chiamate dai geometri sezioni coniche, e se un certo punto, denominato il fuoco della curva, coincide col centro del sole, quel corpo deve essere soggetto alla gravitazione solare e deve reciprocamente esercitare attrazione sul sole. Ora si è verificato coll'osservazione che le comete si muovono appunto in curve di questa specie, e che il sole è un loro fuoco comune. Perciò le comete ed il sole devono attirarsi a vicenda secondo la legge generale della gravitazione. Dunque le comete sono masse di materia ponderabile.

Ma queste masse non sono attratte unicamente dal sole, bensì anche dai pianeti principali e secondari, presso cui passano, e si è constatato che deviano notevolmente, a motivo di queste attrazioni, dal corso che seguirebbero se non fossero soggetti che alla forza attrattiva del sole. Ora, per legge generale della gravitazione, quella attrazione è sempre reciproca ed è certo che le comete attirano i pianeti con un' energia pari a quella con cui ne sono attratte e che quando le masse delle comete fossero eguali a quelle dei pianeti, essi li farebbero deviare dalle loro orbite solite precisamente in quella misura in cui i pianeti fanno deviare le comete. Trovandosi pertanto, che la deviazione prodotta da questa mutua attrazione, sono assai grandi per le comete ed estremamente piccole per i pianeti, si dovrà conchiuderne che le masse delle prime sono più piccole di quelle dei secondi nella stessa proporzione in cui l'effetto dell'attrazione su questi è minore dell'effetto dell'attrazione su di quelle.

Si trova infatti che mentre è notevolissima la deviazione delle comete dovuta alle attrazioni dei pianeti, quelle dei pianeti, dei satelliti, ed anche dei planetoidi (i corpi più piccoli del sistema solare), sono così tenui da non potersi affatto apprezzare nemmeno coi più esatti mezzi di osservazione. Si è anzi notato il caso di una cometa passata quasi a contatto dei satelliti di Giove, o fors'anco frammezzo a questi piccoli corpi, eppure la sua attrazione su di loro fu così debole da non produrre sui loro movimenti il minimo effetto discernibile, quantunque la cometa venisse affetta dall'attrazione del pianeta con tal forza che la sua orbita ne fu completamente cangiata.

Dietro queste osservazioni e questi calcoli si è stabilito che, sebbene le comete siano masse di materia ponderabile, la quantità di materia che le compone è incomparabilmente minore di quella dei più piccoli pianeti, primari o secondari, del sistema solare.

Questi corpi si fanno rimarcare per l'ampiezza della loro estensione, per la singolarità, varietà e mutabilità delle loro forme non meno che per le piccolezze delle loro masse.

Le comete di solito, e più specialmente quelle visibili senza telescopio, presentano l'aspetto di una massa rotonda di vapore o materia nebbiosa illuminata, a cui spesso, sebbene non sempre, è attaccato uno strascico più o meno esteso composto di materia d'aspetto somigliante. La prima si chiama la *testa* e l'altra la *coda* della cometa.

La coda con maggior significazione, è chiamata *Spazzola* dagli astronomi chinesi. La luce della testa in generale non è uniforme. Talvolta nella materia nebbiosa che la forma si vede una brillante macchia centrale. Questa chiamasi il *nucleo*.

Il nucleo appare qualche volta come un punto stellare brillante e qualche altra come un disco planetario veduto traverso un velo di nebbia. In generale però, se si esamina l'oggetto con un telescopio potente, quelle apparenze si mutano e la cometa non sembra più che una sola massa di vapore rischiarato, dal contorno al centro.

La nebulosità che avvolge sempre il nucleo si denomina *chioma*.

Questi nomi di *chioma* e *cometa* derivano dalla voce greca κομή (comè) capelli, supposto che la materia nebulosa che forma la chioma e la coda somigli ad una capelliera, per cui l'oggetto prende il nome di κομήτης (comètes), stella crinita o chiomata.

In testa al capitolo si trova una veduta telescopica d'una cometa globulare senza coda. È la cometa conosciuta col nome di cometa di Enche, che ebbe dall'astronomo che ne calcolò l'orbita.

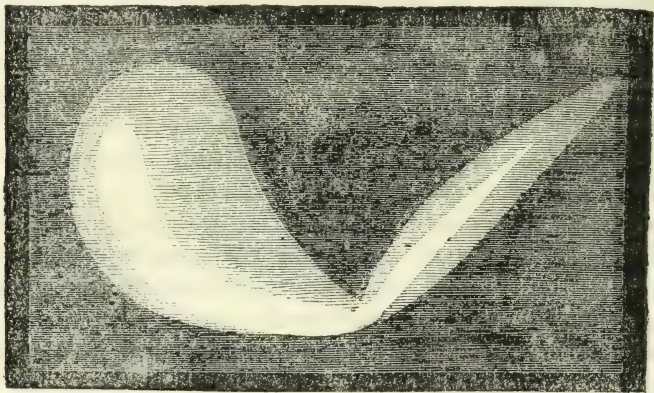
Questa si può riguardare come una rappresentazione generale della forma apparente delle comete prive di coda. La forma reale è evidentemente globulare o sferoidale.

Fig. 2.

Le forme delle comete codate variano all'infinito. La fig. 2 rappresenta la cometa, conosciuta sotto il nome di Cometa di Halley,

quale appariva nel 3 ottobre, 1835; ed anche questa si può considerare come una rappresentazione assai generale delle comete dotate di coda.

Si può farsi un idea delle rapide trasformazioni e delle figure capricciose di questi corpi singolari, colla fig. 3, che rappresenta la medesima cometa quale appariva il 9 di ottobre; e con quella in testa del capitolo II, che ne presenta l'aspetto che offriva il 5 di novembre.

Fig. 3

Di tutto quanto concerne questi oggetti straordinari non v'ha nulla di più sorprendente delle loro prodigiose dimensioni. La testa della cometa, che apparve nel 1811, era una massa globulare del diametro di 1,250,000 miglia! Quindi il suo volume doveva essere triplo di quello del sole e *quasi quattro milioni di volte quello della terra!* Ma per quanto ciò sia meraviglioso, le dimensioni della coda lo erano ancora di più. La lunghezza di quella appendice era di centotrenta-milioni di miglia, cosicchè se la testa ne fosse stata nel sole la coda si sarebbe stesa a trenta milioni di miglia oltre la terra!

Supposto che la coda fosse composta di materia continua, vediamo di misurarne la quantità. Il suo diametro nel punto dove si congiungeva colla testa era eguale al diametro di questa, ma siccome i lati ne erano alquanto divergenti, questo diametro andava crescendo al crescere la distanza dalla testa, ciononostante riteniamone il diametro uniforme ed eguale a quello della testa.

Siccome la lunghezza della coda misurava centotrentamilioni di miglia, mentre il diametro della testa ne contava un milione ed un quarto, ne consegue che la lunghezza della coda era 104 volte

il diametro della testa. Se i lati della coda invece d'essere divergenti, fossero stati paralleli, dietro i principii della geometria, il volume della coda sarebbe stato centocinquanta volte maggiore di quello della testa, e siccome questo era quattromilioni di volte quello della terra, così il volume della coda e della testa insieme (senza tener conto dell'effetto della divergenza dei lati della coda) doveva essere *quasi seicentomilioni di volte quello della terra!!*

Si deve però notare, che alcune apparenze osservate nelle code delle comete suggerirono agli astronomi la probabilità che siano cave, cioè, che invece di essere colonne di materia vaporosa di forma cilindrica o conica, siano sottili tubi cilindrici, o conici di vapore, somiglianti alle canne delle stufe. In tal caso il volume di materia vaporosa che le costituisce, deve naturalmente essere minore di quello che è risultato dal calcolo ora fatto, mentre la quantità di spazio racchiusa fra i suoi limiti sarà tuttora la stessa.

La forma delle code è qualchevolta diritta, e qualche volta ricurva a foggia d'una scimitarra, figura 2. Quando apparve la grande cometa del 1456, essa aveva questa forma, e lo spirito superstizioso di quell'epoca, la fece riguardare come un segnale celeste dei successi dell'invasione turca in Europa, a motivo della sua somiglianza colle sciabole turche.

Non vi è sempre una coda sola. Sono apparse delle comete con due o più code. Nel 1744 apparve una cometa con sei code, ciascuna delle quali era curvata quasi in forma d'un quadrante.

La grandezza di queste enormi appendici è ancor meno meravigliosa della brevità del tempo, in cui talvolta sono emesse dalla testa. La gran cometa del 1843 aveva una coda lunga dugentomilioni di miglia, cosicchè se la testa ne fosse stata nel sole, la coda sarebbe giunta a centomilioni di miglia oltre la terra. Pare questa coda venne emessa in meno di venti giorni. Se, come bisogna ammettere, essa era tutta composta di materia uscita dalla testa, con quale inconcepibile forza dovette essere scagliata quella materia che formò l'estremità della coda! Avendo percorso in venti giorni dugentomilioni di miglia, essa dovette muoversi colla velocità di dieci milioni di miglia al giorno, ciò che corrisponde a più di quattrocentomila miglia all'ora, di settemila miglia per minuto e di centoquindici miglia al secondo.

Questa celerità è circa sei volte quella della terra nella sua orbita, ed è duecentocinquanta volte maggiore di quella d'una palla di cannone.

È facile a concepirsi di quale infinita tenuità doveva essere la

materia a cui veniva impressa una simile velocità dalla reazione d'un corpo come la cometa, che, secondo ogni probabilità, non è composta essa medesima che di semplice vapore.

Ma si hanno altri argomenti dalla estrema leggerezza e rarefazione della materia costituente siffatti corpi.

Dacchè le masse delle comete sono così infinitamente piccole, mentre i volumi ne sono così prodigiosi, ne consegue che la densità della materia, onde sono formate, deve essere eccessivamente piccola, anzi tanto piccola da riuscire, questa materia, a pari volume, immensamente più leggiera dell'aria o del vapore più espansibile. Altre delle apparenze che offrono, vengono pure in conferma di ciò. Così si è trovato che le più piccole stelle — così minute da riuscire a mala pena visibili coi più potenti telescopi — si possono vedere distintamente, senza percettibile diminuzione di splendore, dietro lo stesso centro della testa delle comete. Ciò che significa che la materia che le compone è così attenuata che uno spessore di tante migliaja di miglia non le dà una sensibile diminuzione di trasparenza.

Vi sono dunque le più forti ragioni per conchiudere che la materia delle comete sia vaporosa od aeriforme, e che sia allo stato di maggior tenuità immaginabile, essendo forse parecchie migliaja di volte meno densa della nostra atmosfera.

Si è anche verificato, con soddisfacente prova, che questa materia non è luminosa, ma che a somiglianza delle nuvole che si librano della nostra atmosfera, è rischiarata dal sole e resa, per tal modo, visibile. Alcune circostanze che accompagnano il variare di grandezza della materia visibile di questi corpi, danno motivo a credere che siano composte di vapore, il quale quando sia scaldato ad una certa temperatura per la prossimità del sole, diviene affatto trasparente ed invisibile, e che quando la cometa s'allontana da quel centro di luce e di calore, si condensa gradatamente e ritorna visibile, nella stessa guisa che il vapore che esce dalla valvola di sicurezza d'una caldaja, al momento in cui ne sfugge e prima che si condensi è trasparente ed invisibile, ma assume poi la forma d'una nuvola bianchiccia di mano in mano più grande a misura che cresce la sua distanza dalla valvola e che diventa più esposta all'azione condensatrice dell'aria fredda. In questa maniera si spiega il fatto che il volume visibile delle comete aumenta di solito quando si allontanano dal sole.

Tale dunque essendo in generale la natura ed il carattere di questi corpi, quali li hanno potuto determinare gli astronomi mediante l'osservazione, ci resta a cercare con quali fondamenti si possano ammettere i varii effetti e le influenze che loro si ascrivono.

## IV.

Di tutti gli effetti che si attribuiscono alle comete, il meno irragionevole è forse quello d'una collisione colla terra.

Non si può negare la *possibilità* d'un simile avvenimento. Non ci resta quindi che a valutarne la probabilità, e gli effetti che potrebbe produrre se si verificasse.

Perchè una cometa incontri un pianeta è evidente che devono essere soddisfatte queste due condizioni: 1° che l'orbita della cometa deve intersecare quella del pianeta — e 2° che questi due corpi devono giungere contemporaneamente nel punto d'intersecazione.

Ora, di tutte le comete conosciute non ve n'ha nemmeno una, la cui orbita intersechi quella di qualche pianeta. Ve n'è però una, la cui orbita passa così vicina a quella della terra, che la distanza fra i loro punti più prossimi è minore del semidiametro della cometa, dal che risulta che se la terra e la cometa arrivassero simultaneamente in quei punti, la terra dovrebbe passare traverso la cometa. Se la cometa fosse solida, ciò che non è, ne verrebbe una collisione. Ma siccome è composta di materia vaporosa della più leggiera ed attenuata, l'effetto sarebbe il medesimo che se la terra passasse traverso una sottilissima nube.

Questa cometa particolare è una delle poche che si riconobbero compiere le loro rivoluzioni intorno al sole in un periodo determinato a somiglianza dei pianeti, con questa differenza però, che la loro orbita è un ovale piuttosto allungata invece di essere quasi circolare. Il periodo di questa cometa essendo di circa sei anni e tre quarti essa passerà nel punto del possibile incontro colla terra una volta ad ogni simile intervallo.

Vi passò nel 1832, in circostanze che eccitarono una certa apprensione panica sulle conseguenze possibili, in tutti coloro che sapevano che si avvicinava e che passerebbe così rasente all'orbita terrestre. Questi timori però erano privi di fondamento, perchè la cometa passava nel punto pericoloso il 29 di ottobre e la terra non vi giungeva al 30 novembre. Ora siccome la terra percorre circa un milione e mezzo di miglia al giorno, così il 29 di ottobre, giorno in cui la cometa doveva passare per il punto pericoloso, doveva esserne lontana quasi cinquanta milioni di miglia.

Nel 1805 la stessa cometa passò per quel punto in circostanze che se si fossero conosciute così generalmente come nel 1832, avrebbero destate apprensioni più ragionevoli, perchè allora la distanza fra la terra e la cometa non fu che di cinque milioni di miglia.

Si può tuttavia notare, per verità, che, quantunque sia insignificante il pericolo dell'incontro con una delle comete di cui si conoscono le orbite, quel rischio deve essere assai più grande relativamente alla classe molto più numerosa di quelle, di cui non conosciamo i movimenti e che passano di continuo framezzo ai pianeti.

È per altro facilissimo di applicare ad una simile quistione i principii ben intesi della teoria della probabilità, assumendo, rispetto al numero ed alla grandezza delle comete, le condizioni più favorevoli che si possano immaginare alla catastrofe della collisione. Questo appunto venne fatto. Si è dimostrato che ritenendo che il numero delle comete che passano entro l'orbita della terra sia il più grande immaginabile, e che le loro grandezze siano le maggiori che loro si possano attribuire, vi è per ciascuna cometa particolare la probabilità di uno contro 281 milioni di casi, che avvenga una collisione colla terra.

Vediamo di chiarire il significato di questa conclusione aritmetica. Se nel mese seguente dovesse apparire una cometa, la quale, ove incontrasse la terra, distruggerebbe, col suo urto, tutto il genere umano, come si avrebbe a stimare per ciascun individuo la probabilità d'una siffatta catastrofe? Rispondiamo che sarebbe esattamente la stessa, che se si gittassero in un urna 281 milioni palle bianche ed una nera e che la morte di quell'individuo dovesse dipendere dal venire estratta dall'urna quell'unica palla nera per mano d'un cieco.

Questa conclusione che è basata sui più rigorosi raziocinii matematici, riteniamo che sarà sufficiente a rassicurare i più timidi ed i più apprensivi dell'urto della terra con una cometa.

## V.

Vi è in tutti i paesi l'opinione popolare; universale, ed enfatica, che le comete influiscano sulla temperatura delle stagioni, e sebbene le credenze popolari non siano sempre infallibili, non si devono però rigettare con troppa leggerezza.

Tutti sanno che l'eccellenza della celebre vendemmia del 1811 fu per comune consenso attribuita all'influenza della splendida cometa apparsa in quell'anno. Si parlò a lungo del *vino della cometa* » e lo si vendette a prezzi molti elevati. L'abbondante raccolto dello stesso anno fu ascritto unanimamente alla medesima causa.

Nel « *Gentlemant's Magazine* » del 1818. apparve un articolo sui supposti effetti della cometa del 1811, in cui si affermava che sebbene l'inverno fosse dolce, la primavera umida, e l'estate freddo, ed il sole sembrasse avere appena la forza sufficiente da portare a

maturanza i frutti della terra, nondimeno l'azione della cometa fu tale che la raccolta dei grani fu straordinariamente abbondante, e che certe specie di frutti come i poponi ed i fichi, non solo vennero in gran copia, ma riuscirono di un sapore squisito. Si rimarcò pure che vi furono poche vespe; che le mosche si accecavano e sparivano presto e che era notevole in modo speciale la frequenza con cui le donne partorivano dei gemelli! Avvenne pure che la moglie di un calzolajo di Whitechapel ebbe quattro figli in un parto!! e tutti questi effetti maravigliosi si attribuirono alla cometa.

Ora la quistione dell'influenza delle comete sulla temperatura delle stagioni è una delle più semplici e delle più facili a risolversi. In tutti gli osservatorii si registrano le apparizioni ed i moti delle comete. Si osservano pure con esattezza e si notano le temperature medie diurne, mensili ed annue. Per verificare dunque, se le comete esercitino realmente qualche influenza sulla temperatura delle stagioni, basta paragonare quelle annotazioni ed esaminare se vi sia una corrispondenza tra loro.

Questo venne appunto fatto dal sig. Arago. Le memorie dei pubblici osservatorii offrivano i dati necessarii per stabilire il confronto su tutto il secolo, che terminò nel 1832 e ne risultò che non si poteva scoprire veruna simile corrispondenza. In qualche anno i giorni della massima temperatura media furono quelli in cui apparvero parecchie comete; in altri, furono quelli in cui non ne apparve nessuna. Qualche volta gli anni segnalati dalle comete più rimarchevoli furono distinti da una elevata, e qualche altra da una bassa temperatura media. Così nel 1737, in cui apparvero due comete, la temperatura fu più bassa che nei due anni precedenti in cui non se ne vide alcuna. Dei venti anni che cominciarono col 1763, il più freddo, 1766, fu quello in cui apparvero due comete, una delle quali rimarchevole per lo splendore. In un intervallo di 16 anni il più caldo fu il 1794 in cui non apparve niuna cometa ed il più freddo fu il 1799 in cui se ne videro due.

Ma per non più arrestarci a notizie sul carattere termico delle particolari stagioni, vediamo quale sia stato il risultato generale di quell'inchiesta. Di 74 anni, 49 vennero segnalati dall'apparizione di una o più comete e 25 dal non esserne apparse. La temperatura media dei primi si trovò di 10°,9c. e quelle dei secondi di 10°,4c. presentando quindi una differenza più piccola d'un grado.

Di più, dei 49 anni in cui apparvero delle comete, in 25 si vide una cometa sola e se ne videro due o più negli altri 24. Se questi corpi esercitassero qualche influenza sulla temperatura dovrebbe de-

rivarne una differenza fra la temperatura media di questi ultimi anni e quella dei primi. Si trovò invece che la temperatura media dei 25 anni, in cui non apparve che una cometa, fu 10°,88c., mentre quella degli altri fu di 10°,77c., con una differenza minore di un nono di grado ed anche questa *contro* l'influenza attribuita alla cometa di aumentare la temperatura.

Insomma la discussione completa dalle osservazioni sulle comete e sulle temperature continuate per tutto un secolo, stabilirono pienamente la conclusione che la credenza popolare circa l'influenza delle comete sulle stagioni è affatto priva di fondamento.

## VI.

Di tutte le eventualità che ponno derivare dal passaggio d'una cometa traverso il sistema, la meno improbabile ed oltracciò quella le cui conseguenze sono più difficili a prevedersi, è il passaggio della terra traverso la coda di uno di questi corpi.

Il numero delle comete è eccessivo; ma poche di loro hanno code. Queste appendici quando esistono sono generalmente di lunghezza assai limitata; però in qualche raro caso, la loro lunghezza è prodigiosa; e si stendono sopra uno spazio non minore di un tredicesimo del maggiore diametro del sistema solare. Se una di queste comete avesse la testa nel sole e la coda nel piano dell'eclitica, la coda passerebbe oltre la distanza in cui si muovano i pianeti Mercurio, Venere, la Terra e Marte ed in questo caso potrebbe incontrare qualcuno di questi pianeti.

Non si può dunque negare la possibilità dell'immersione della terra nella coda d'una cometa. Che però sia estremamente improbabile si può dimostrarlo collo stesso ragionamento che si è adoperato nella questione della probabilità d'una collisione d'una cometa contro la terra, congiunto alla considerazione del piccolissimo numero delle comete che hanno code di lunghezza considerabile.

Ma supposto che si verifichi un tal caso, quali ne sarebbero le conseguenze probabili?

È certo che la sostanza che costituisce la coda delle comete è di tal natura che sebbene queste appendici abbiano sovente uno spessore di molte migliaja di miglia, si vedono nondimeno dietro di esse le più minute stelle telescopiche, senza la più piccola diminuzione di splendore.

Essendo dunque così trasparente la sostanza dalla coda, e non producendo inoltre nessuna rifrazione percettibile, la sua densità, se

è vaporosa od aeriforme, deve essere estremamente piccola, e secondo ogni probabilità, minore di parecchie volte di quella della nostra atmosfera.

Tale essendone la natura, nel caso che la terra la traversasse, essa si mischierebbe colla atmosfera terrestre, e, se la sua densità fosse per esempio mille volte minore di quella dell'aria, l'atmosfera verrebbe a contenere una particella di materia cometaria per ogni mille particelle d' aria pura.

Supponiamo che la stanza in cui siamo contenga 10,000 piedi cubici di aria e che vi si introducano 10 piedi cubici di qualche gas nocivo che si mescoli con quell'aria. Nel respirare riceveremmo allora nei polmoni una particella di questo gas nocivo per ogni mille particelle d'aria pura. In quanto i possibili effetti dannosi dipendono dalla proporzione numerica in cui vi è contenuto quel gas, appare che in questo caso vi sarebbe ben poco ragione di temere.

Si hanno però innumerevoli esempi dei forti effetti prodotti sugli organi dagli effluvi di cui talvolta è impregnata l' aria, sebbene vi siano mescolati in così piccola proporzione da sfuggire interamente alle analisi più accurate ed esatte. Un grano di muschio, ed una sola goccia di essenza di rose, riesce sensibile all'organo dell'odorato in una vasta camera, e continua ad esserlo per lungo tempo. Nondimeno la proporzione degli effluvi materiali che producono effetti così potenti sui nostri organi, alla quantità d'aria che ne è impregnata, è affatto inapprezzabile.

Si sostiene da alcuni medici che gli effluvi che si inspirano fiutando certi medicamenti possano produrne sui pazienti l'effetto di un narcotico, ed è notissimo che certi odori producono soventi l'effetto d'un emetico.

Questi esempi mostrano quindi, che lo stato di estrema tenuità che caratterizza probabilmente la coda della cometa, non esclude in loro la possibilità di produrre formidabili effetti sul mondo organizzato, quando si mischiassero coll' atmosfera.

## VII.

Questa opinione venne di fatti adottata da parecchi autori, alcuni dei quali formano autorità nel mondo scientifico, per spiegare il dominare di malàttie epidemiche in varie epoche.

Gregory, in un'opera sull'astronomia, pubblicata ad Oxford nel 1702, afferma che in tutte le nazioni ed in tutti i tempi, l'apparizione della cometa era stata seguita da simili effetti generali; ed aggiunge che

non è filosofia il trattare queste tradizioni con leggerezza od il rigettarle, senza riguardo, come pure finzioni.

In un' epoca recentissima, nel 1829, il signor T. Forster, medico inglese pubblicò un' opera intitolata: *Illustrazione sull'origine atmosferica delle malattie epidemiche,* in cui si propose di provare che dall' era cristiana in poi, i periodi più insalubri erano stati quelli in cui era apparso qualche grande cometa. Egli sostiene che l' influenza maligna di questi corpi non si limita al genere umano e neanche al mondo organico. Egli attribuisce loro innumerevoli effetti sugli animali inferiori e tutte le violenti vicende atmosferiche, oltre ai tremuoti, alle eruzioni vulcaniche, alla siccità, alle innondazioni ed alle carestie.

Le comete appajono per termine medio circa in numero di due all'anno. Ora si ritiene generalmente dai sostenitori della loro influenza, che esercitino questi effetti per qualche tempo prima di apparire e per qualche tempo dopo che sono scomparse. Non è dunque meraviglia se i fautori di questa teoria trovino pronta una cometa per ogni epidemia o per ogni disordine fisico o fisiologico che vogliono ascrivere a questa causa.

Tuttavia, per quanto siano frequenti le apparizioni di questi oggetti e svariati gli effetti che i partigiani di questa teoria sono disposti ad attribuire loro, si sono dati dei casi in cui i più ardenti sostenitori di quest' ipotesi trovarono difficile di segnalare qualche disgrazia o qualche malattia in presenza delle più formidabili comete, ed altre volte invece stentarono a trovare la cometa da incolparsi dei maggiori flagelli che visitarono la nostra razza.

Una delle comete più grandi e più rimarchevoli dell' evo moderno fu quella del 1680. Fu anche quella che passò più vicina al sole e non molto lontana dalla terra. Nondimeno i sostenitori delle influenze cometarie avrebbero stentato a scoprire qualche calamità da attribuirsi a questo corpo. Non vi furono malattie epidemiche locali o generali da ascrivergli: ma il signor Forster la segna come causa d' un freddo inverno seguito da un estate caldo e secco e di alcune rimarchevoli meteore vedute in Germania!

L'anno della gran peste di Londra (1665) fu segnalato da una cometa che apparve nel mese di aprile, ed alla cui influenza fu naturalmente attribuita quella calamità. Non si dà però alcuna ragione del fatto che la sola Londra abbia sofferto quest' influenza maligna e non si siano prodotti simili effetti nelle altre capitali d' Europa od anche nelle altre grandi città d' Inghilterra e nemmeno in molti dei villaggi che circondano Londra.

A queste ed altre simili riflessioni, si potrebbe rispondere che ammessa l'influenza delle comete, dessa dovrebbe essere generale e non locale. Non si può immaginare una ragione per cui uno di questi corpi dovesse influenzare una plaga particolare della superficie terrestre, mentre le regioni circostanti sono esenti da simili conseguenze del suo influsso.

Questa è la risposta definitiva a tutte le assurde speculazioni sulle influenze cometarie che riempiono gli elaborati trattati di Gregory, Sydenham, Lubienetsky, Forster ed altri. Alcuni di questi effetti sono così ridicoli, che è difficile di renderli oggetto di seria discussione come quistione di fisica.

Nel 1678 appare una grande cometa che vi è qualche ragione di credere identica con quella così splendida che traversò il nostro sistema nel 1843. Uno degli avvocati delle influenze cometarie scoprì che la presenza di questo corpo nel 1668 produsse una epidemia rimarchevole *nel bestiame in Vestfalia!* Non si è udito dir nulla di una simile calamità nel 1843.

## VIII.

Una cometa non molto cospicua, nè di grandezza nè di splendore, passò vicino alla terra nel 1746. Ad essa viene attribuito un tremuoto che distrusse le città di Lima e di Callao, ma non si dà alcuna ragione del come siano andate esenti da simile rovina le altre città dell'America del sud.

## IX.

Ad un'altra cometa si ascrive la distruzione di un campanile in Iscozia, avvenuta per la caduta d'un'aerolita; ad un'altra l'abbondanza degli stormi de' piccioni selvatici in America; ad un'altra, delle rimarchevoli eruzioni dell' Etna e del Vesuvio. Gli autori che con grande affanno di ricerche, raccapezzano questi accidenti, fanno una vana pompa d'erudizione e, come osserva spiritosamente il signor Arago, soggiacciono ad un'illusione simile a quella di una signora ricordata da Bayle, la quale guardando dalle finestre del suo appartamento, situato in uno dei siti più frequentati di Parigi, e vedendo la strada piena di carrozze, s'immaginava sempre che il suo apparire alla finestra era la causa di quell'affollamento.

Il celebre viaggiatore Rüppel, scrivendo dal Cairo, il giorno 8 ottobre 1823 (anno in cui apparvero tre comete) osservava che « gli

Egiziani pensavano che la cometa allora visibile fosse la causa delle scosse di tremuoto sentite in quel paese il 21 di agosto, e che lo stesso oggetto esercitasse un' influenza così maligna sugli animali inferiori da far perire in gran numero gli asini od i cavalli. Il fatto era che quelle povere bestie morivano di inedia, giacchè la mancanza delle inondazioni del Nilo aveva prodotto la carestia dei foraggi. »

« Se non mi trattenessero considerazioni di pulitezza » osservava il signor Arago « non avrei difficoltà a provare che, riguardo alle nozioni astronomiche, esistono altri Egiziani oltre quelli che stanziano sulle rive del Nilo. »

Gli effetti fisici non sono le sole influenze attribuite alle comete. La cometa conosciuta così comunemente col nome di cometa di Halley, e di cui l'ultima riapparizione periodica avvenne nel 1835, apparve con splendore straordinario nel 1305 e fu descritta come una *Cometa horrendæ magnitudinis visus est circa ferias paschatis, quem sæcuta est pestilentia maxima.* Così, secondo il solito, di quella grande pestilenza venne incolpata la cometa.

La visita susseguente che la stessa cometa fece al sistema solare avvenne nel 1456, e allora fu rappresentata come di *inaudita grandezza* e dotata d' una coda che si stendeva per sessanta gradi sul cielo, occupando due terzi della distanza fra lo zenit e l'orizzonte. Rimase così visibile per il mese di giugno e sparse il terrore in Europa. Fu riguardata come il presagio del rapido successo dei Turchi sotto Maometto II, il quale presa Costantinopoli, si avanzò fin sotto le mura di Vienna, atterrendo tutta la cristianità. Il papa Callisto II, sbigottito all' imminente pericolo, scagliò i fulmini ecclesiastici contro i nemici della fede tanto terreni che celesti ed esorcizzò in una stessa bolla la cometa ed i Turchi; ed affine di perpetuare quella manifestazione della potenza della chiesa ordinò che si suonassero le campane a mezzogiorno, costume che ancora si osserva nei paesi cattolici.

Nell' anno 590 apparve una cometa alla cui presenza ed al cui influsso si attribuì una spaventosa epidemia, che infierì in quell'anno e nella crisi della quale i pazienti erano assaliti da violenti parossismi di sternuti, seguiti spesso dalla morte. Da ciò venne l'usanza che prima che si manifestassero i parossismi, gli astanti dirigevano le loro benedizioni al paziente sclamando: *Dio vi salvi.* Il costume si fece poi permanente ed universale ed anche oggidì s' indirizzano a chi sternuta le medesime parole.

*Veduta telescopica della cometa di Halley, nel 5 novembre 1835, data da Struve.*

## Capitolo secondo.

X. Nascita e morte degli eroi, ecc. — XI. Discussione della questione se la nebbia secca del 1783 e quella del 1831 sia stata prodotta dall'immersione della terra nella coda di una cometa. — XII. Proprietà degli squilibri atmosferici e delle correnti aeree di produrre effetti straordinari sulle malattie epidemiche. -- Il vento periodico chiamato Harmattan che soffia dall'interno dell'Africa. -- XIII. Si discute la questione se la terra in qualche epoca remota abbia urtato contro il nucleo solido di una cometa. -- Conseguenze dell'urto. -- XIV. Esame della quistione se le condizioni geografiche della terra siano mai state alterate dalla vicinanza di qualche cometa e se il diluvio biblico possa essere stato prodotto da una simile causa. -- XV. Nessuna probabilità che l'equilibrio terrestre sia mai stato distrutto dall'avvicinanza d'una cometa. -- XVI. Opinioni di Laplace. -- XVII. Fenomeni curiosi della cometa di Biela.

### X.

Risalendo il corso delle storie si trova che le influenze morali e politiche attribuite alle comete si moltiplicano in proporzione dell'ignoranza dei tempi. Si suppone che questi oggetti fossero specialmente destinati a presagire la nascita e la morte di eroi. Così una

cometa che apparve l'anno 43 avanti Cristo, e che si dice essere stata brillante al punto da riuscir visibile di giorno ad occhio nudo, fu riguardata dai Romani come l'anima di Cesare (poco prima assassinato), portata in cielo.

Una cometa apparsa all'epoca della nascita di Mitridate ed un altra che fu vista immediatamente prima della nascita di Maometto, furono considerate l'una e l'altra come il presagio di queste celebrità storiche.

Nel marzo 1402, apparve una cometa che si dice essere così splendente da riuscir visibile a mezzogiorno. Nello stesso anno ne apparve un altra in giugno, tanto brillante che si cominciava a vederla alcune ore prima del tramonto. Si disse che questa cometa presagì la morte di Gian Galeazzo Visconti. Quel principe, che credeva all'astrologia, aveva consultato i ciarlatani de' suoi tempi, ed il terrore, incussogli dall'apparizione della cometa, contribuì senza dubbio all'adempimento della profezia.

Un altra cometa cospicua apparve nel 1532 e anch'essa si dice che fosse visibile prima del tramonto. Essa produsse grande eccitamento nell'alta Italia, dove fu considerata come presagio della morte del secondo Sforza.

## XI.

Si è congetturato, non senza qualche apparenza di probabilità che le grandi nebbie secche che si sparsero su molta parte della superficie terrestre nel 1683 e nel 1831, fossero prodotte dal passaggio della coda di una cometa sulla terra o sopra una sua parte.

La gran nebbia del 1783 presentava alcuni caratteri per cui meritava che si prendesse in seria considerazione l'ipotesi. Cominciò quasi nello stesso giorno (il 18 giugno) in luoghi lontanissimi l'uno dall'altro, come Parigi, Avignone, Torino e Padova. Coprì gran parte della superficie terrestre stendendosi, nella direzione da sud a nord, dall'Africa fino alla Svezia. Dominò nell'America settentrionale non meno che sul continente Europeo. Non si poteva quindi applicarle il nome di fenomeno locale, nel significato ordinario di questo vocabolo.

Durò per un mese. Che non fosse portata da correnti atmosferiche sulle regioni dove dominava, era dimostrato dal fatto che la sua posizione non era alterata dai venti. Qualunque fosse la direzione in cui spirava il vento, la posizione della nebbia rimaneva la stessa. Essa dominava colla stessa intensità a tutte le altezze acces-

sibili. Era egualmente densa sulle creste delle Alpi che sulle pianure francesi.

Le pioggie continue e pesanti che caddero in giugno e luglio ed i venti gagliardissimi che le accompagnarono non valsero a dissiparla.

La sua densità e la sua parziale opacità variavano secondo i luoghi. In Linguadoca era così densa da togliere la vista del sole prima che avesse raggiunta l'altezza di 12°; a maggiori altezze la luce dell'astro appariva rossa ed era così indebolita che si poteva fissarlo impunemente.

La qualità che la distingueva dalla nebbia ordinaria era una assoluta secchezza. Gli strumenti igrometrici introdotti in essa segnavano una completa assenza d'umidità.

Una delle circostanze più notevoli che presentava era poi questa, che sembrava dotata di qualche debole potere luminoso, il quale si sarebbe potuto credere proveniente da un leggiero grado di fosforescenza. Così dall'asserzione di molti osservatori risulta che quando essa dominava in tempo di luna nuova, e perciò mentre mancava affatto il lume di luna, la luce che sembrava uscire dalla nebbia bastava a rendere visibili gli oggetti distanti da 200 a 300 metri.

Tali essendo i fenomeni resta ad esaminarsi se si possa ammettere per ispiegarli, l'ipotesi che allora la terra fosse penetrata nella coda di una cometa.

In primo luogo, si osservi che la *testa* della cometa, se pure un cotal corpo era presente, non era visibile. Questo non si può spiegare supponendo che la testa fosse resa invisibile dalla coda, perchè la nebbia nei luoghi in cui dominava non impediva che di notte si vedessero le stelle come al solito.

Si è detto che la posizione della testa poteva essere stata tale da sorgere e tramontare insieme o quasi insieme col sole e allora nell'assenza di quel luminare non avrebbe potuto riuscire visibile nè prima dell'aurora nè dopo il tramonto. Ma sebbene si possa ammettere che ciò sia accaduto per qualche tempo brevissimo, non è però compatibile colle note leggi del moto della cometa che la cosa sia durata per un mese. Se fosse stata una cometa, essendone la coda rivolta per lo più dalla parte opposta al sole, la testa avrebbe dovuto giacere nel piano dell'orbita terrestre e fra la terra ed il sole, o in una posizione prossima a questa. Il movimento angolare della cometa l'avrebbe in pochi giorni tolta dalla posizione di congiunzione inferiore, e prima e dopo di questi la testa sarebbe sorta prima del sole o tramontata dopo di essa, e in un caso e nell'altro sarebbe

stata visibile. Pure, non fu mai veduto un simile oggetto all'epoca o circa l'epoca della gran nebbia del 1783.

Non venne presentata, nè si può presentare nessuna combinazione di un possibile moto orbitale della cometa col moto orbitale e diurno della terra, che sia compatibile colla posizione e colla durata della gran nebbia secca del 1783. Dal che si può conchiudere che quel fenomeno non derivava dall'essere immersa la terra nella coda di qualche cometa invisibile.

Le stesse riflessioni all'incirca si possono applicare anche alla gran nebbia del 1831 ed anche per questa l'ipotesi della cometa si può scartare con simili ragionamenti. Questa nebbia si manifestò nel mese di agosto. Stendendosi sui tre continenti dell'emisfero boreale, cominciò sulle coste settentrionali dell'Africa il 3, ad Odessa il 9, in Francia il 10, agli Stati Uniti il 15, in China nella seconda metà di quel mese.

La luce solare ne era affievolita al punto che si poteva guardare il sole, senza difesa di vetri colorati od affumicati. Sulle coste Africane il sole riusciva anzi affatto invisibile ad altezze minori di 15° o 20°; nondimeno le notti erano chiare a segno che si vedevano benissimo le stelle. Dalle relazioni degli osservatori al nord dell'Africa, al sud della Francia, agli Stati Uniti ed in China, risulta che il sole visto traverso la nebbia aveva una tinta azzurra ed in qualche luogo di un color verde di smeraldo.

Quest'apparenza si spiega colla notissima illusione ottica denominata « dei colori accidentali. » La nebbia o le nubi intorno al disco solare e dietro cui quest'ultimo era veduto, erano di un colore rossatro, come lo sono in generale le nebbie e le nubi illuminate da luce trasmessa; perciò il disco bruno del sole veduto contiguamente a loro, doveva, per semplice effetto di contrasto, sembrare d'una tinta azzurra o verde secondo la qualità della tinta rossa della luce trasmessa traverso le nubi circostanti.

Come la gran nebbia del 1783, anche questa sembrava dotata di una luce propria. Finchè essa durò, non vi fu, a rigore di termini, oscurità notturna. Per tutto il mese della sua durata, a mezzanotte vi era lume bastante per poter leggere i più minuti caratteri scritti o stampati. Questo fatto è riferito egualmente dagli osservati dei più lontani paesi, d'Italia, di Prussia, di Siberia, ecc.

Siccome il crepuscolo cessa quando la depressione del sole sotto l'orizzonte supera i 18°, e siccome in quei luoghi, in agosto, la depressione sorpassa di molto questo limite, è evidente che quella luce non poteva essere luce crepuscolare ordinaria.

Qualunque possa essere la spiegazione del fenomeno quella dell'immersione della terra nella coda di una cometa è poi pienamente rovesciata dal fatto che la nebbia, sebbene estesissima non era continua, nè, molto meno, uniforme. Alcune parti del continente Europeo, ne erano libere del tutto o quasi del tutto, ed in altre regnava in gradi assai differenti. Anche la sua durata nei differenti luoghi fu assai varia ed irregolare, in modo da riescire assolutamente inconciliabile coll'ipotesi cometaria.

Rigettata quest'ipotesi, si è suggerito che quelle nebbie dipendessero da cause meno remote e meno straordinarie. Si ricordò che nel 1783 si erano manifestate grandi commozioni fisiche nelle estremità opposte d'Europa. Nel mese di febbrajo erano avvenute in Calabria lunghe e terribili scosse di tremuoto, che vi avevano prodotte una grande devastazione e da cui più di 40,000 abitanti di quel paese erano stati sepolti sotto le macerie delle case e degli edifici abbattuti o nelle profonde fenditure della crosta crepata della terra. Sulla fine dell'anno erano avvenute nel monte Ecla le più violenti eruzioni che si fossero mai vedute, e nuovi crateri si erano aperti in varii punti nel fondo dal mare circostante, od anche a notevoli distanze dalla spiaggia.

In vista di queste ed altre simili commozioni, si è suggerito che il vapore, il fumo ed altre sostanze gasose vomitate in copia enorme durante quelle eruzioni, e dissipate poi dai venti, abbiano potuto diffondersi traverso l'atmosfera su quelle contrade dove aveva dominata la nebbia.

Un'altra supposizione, fa dipendere le nebbie in discorso dalla stessa causa che produce le piogge di pietre meteoriche, di cui s'è trattato in altro dei numeri del Museo. Tra le varie forme che assume quella classe di corpi non è insolita quella di una pioggia di fina polvere. Ora l'unica cosa da ammettersi è la possibilità d'un grado ancora maggiore di tenuità, per ridurre questa polvere alla condizione della materia costituente la nebbia secca. Questa spiegazione si può conciliare benissimo colla distribuzione locale ed ineguale del fenomeno.

Parecchi scrittori di medicina congetturarono che la nebbia del 1831, potè essere stata la causa del cholera epidemico che aveva dominato circa quell'epoca. Però la loro ipotesi è rovesciata dal solo fatto delle frequenti ricomparse della stessa epidemia d'allora in poi, senza che siansi più vedute simili nebbie.

## XII.

Nondimeno, si citano dei fatti i quali provano che gli squilibri e le correnti atmosferiche producono effetti straordinari e non ancora spiegati sulle malattie epidemiche. Un esempio assai strano e rimarcabile d'una simile influenza è citato da Arago, che l' ha tolto da una narrazione di Mattia Dobson, viaggiatore inglese.

« Un vento periodico, denominato Harmattan, soffia tre o quattro volte l'anno, dall' interno del continente africano verso le coste dell'Atlantico, tra le latitudini 15° nord e 1° sud. Si è trovato che i periodi in cui esso domina sono principalmente tra il fine di novembre ed il principio di aprile e che la sua direzione varia dall'est-sud-est al nord-nord-est. La sua durata per ogni volta è di uno a sei giorni e la sua forza è sempre assai moderata. Il vento è sempre accompagnato da una nebbia fitta al punto da far parere rosso il disco del sole. Le particelle deposte dalla nebbia sulle foglie dei vegetali e sulla pelle nera dei nativi, sono sempre bianche, ma non si conosce la natura di questa sostanza biancastra. Si è rimarcato che la nebbia viene prontamente dissipata dal mare; perchè, sebbene il vento sia sensibile in mare a parecchie leghe dalla costa, la nebbia diminuisce rapidamente di densità e sparisce alla distanza di poco meno d' una lega.

« Uno dei caratteri del vento e della nebbia in discorso è un' estrema secchezza. Quando durano per qualche tempo, le foglie degli aranci e dei limoni esposte ad essi, si raggrinzano ed appassiscono. Questa secchezza è così estrema che le coperture dei libri, anche chiusi, serrati in casse, e avvolti in pannilini, si curvano come se fossero esposti al calore d'un gran fuoco. Le porte, i serramenti delle finestre e le mobiglie ne sono spesso crepate e rotte. I suoi effetti sul corpo umano non sono meno marcati. Gli occhi, le labbra ed il palato ne sono adusti e addolorati. Quando il vento continua senza scemare per quattro o cinque giorni, la faccia e le mani impallidiscono. I nativi cercano di impedire questi effetti, ungendosi la pelle di grasso. »

Considerando tutti questi effetti, si potrebbe inferirne naturalmente che l'Harmattan debba essere oltremodo insalubre; pure l' osservazione provò che è dotato della qualità direttamente opposta. Si trovò che al primo respirarlo, scompajono completamente le febbri intermittenti. Coloro che erano indeboliti dell'uso di eccessive cacciate di sangue, allora in gran voga in quei paesi, ricuperavano in breve il

perduto vigore. Le febbri epidemiche e remittenti che dominavano in qualche parte, sparivano come per incanto. Ma l'effetto più ammirabile da questo fenomeno atmosferico è quello di rendere incomunicabili le infezioni, anche applicate con mezzi artificiali, come coll'inoculazione.

Vi era a Wydah nel 1770 un bastimento negriero inglese, denominato l'*Unity*, con un carico a bordo di 800 negri. Essendo scoppiato fra loro il vajolo, il proprietario risolse di inocularlo a quelli che non avevano contratto naturalmente la malattia. Tutti quelli che furono inoculati prima che si levasse l'Harmattan contrassero il vajolo, ma di settanta che furono inoculati nel secondo giorno dopo levatosi il vento, neppur uno ricevette l'infezione; alcune settimane poi, quando cessò l'Harmattan, questi settanta negri ebbero il vajolo. Poco dopo che ne furono attaccati, ricominciò l'Harmattan e la malattia scomparve quasi immediatamente.

Il paese dove spira l'Harmattan, consiste per più di cento leghe in una serie di estese pianure coperte di verzura con poca boscaglia qua e là ed intersecato da pochi fiumi con alcuni laghetti.

## XIII.

Varii fenomeni hanno fatto sollevare la quistione se in qualche epoca remota la terra possa essersi urtata contro il nucleo solido di una cometa.

Abbiamo già esposte le circostanze che rendono probabilissimo che in generale le comete non siano che masse di sostanze gasose o vaporose. Tuttavia, sebbene ciò sia certo per il maggior numero di questi corpi, alcuni fra loro ed in ispecie quelli apparsi in epoche rimote hanno avuto uno splendore che difficilmente si potrebbe ritenere prodotto dalla riflessione della luce solare contro una semplice massa vaporosa; ed anche ai nostri tempi, da che furono perfezionati gli strumenti d'osservazione e gli osservatori crebbero di zelo, di attività, di vigilanza e di numero, vennero osservate alcune apparenze di un nucleo che varii astronomi riguardarono come prove abbastanza concludenti dell'esistenza di un nucleo solido entro l'inviluppo nebuloso; e, quantunque molti altri dubitino di ciò, non si può dire che sia provata come assolutamente impossibile l'esistenza di un nucleo solido in alcune dalle molte comete che traversarono il nostro sistema.

Ammessa quindi la possibilità d'una cometa solida, e la possibile (quantunque improbabile) eventualità, che questo corpo e la terra

passino allo stesso momento per le stesso punto dello spazio, si può naturalmente chiedere:

*Quali possano essere le conseguenze di una tale catastrofe?*

Osserviamo, in primo luogo, che ammettendo anche la possibilità che certe comete abbiano un nucleo solido, la sua massa deve essere però incomparabilmente minore di quella del più piccolo corpo del sistema solare. Le basi cui si appoggia questa illazione vennero esposte più indietro.

Ora, posto che la terra gira intorno al sole ed è in pari tempo dotata di un movimento rotatorio diurno intorno ad uno de' suoi diametri come asse, esaminiamo che cosa avrebbe a succedere se ricevesse d'improvviso un urto, incontrando una massa solida molto minore della sua.

Se, verificandosi queste cose, la terra non avesse già un movimento di rotazione, e se, come accadrebbe probabilmente, la direzione dell'urto non passasse direttamente per il suo centro, essa ne riceverebbe un moto di rotazione intorno ad un asse perpendicolare al piano contenente la direzione della percossa ed il centro della terra e la velocità della rotazione dipenderebbe dalla distanza fra il centro della terra e la direzione dell'urto.

Ma se la terra, prima di ricevere la percossa, avesse già un movimento proprio di rotazione, l'effetto dell'urto sarebbe di far variare l'asse o la velocità di rotazione o l'uno e l'altra insieme. Il nuovo asse terrebbe una posizione intermedia tra l'antico e quello intorno a cui l'urto avrebbe fatto girare la terra se non fosse già stata in movimento rotatorio. Il problema di determinare il nuovo asse non presenta difficoltà.

Ora, tali essendo le conseguenze immediate della collisione, ci resta a considerarne i risultati secondari.

Se una carrozza che scorre uniformemente sulla superficie levigata d'una ferrovia, od una nave spinta o tirata uniformemente sulla superficie dell'acqua, ricevono un impulso che ne faccia variare subitamente la celerità, tutti gli oggetti sciolti che si trovano su di loro, cadono all'indietro od all'innanzi secondo che la velocità è cresciuta o diminuita, per la ragione che non si comunica immediatamente anche ad essi l'aumento o la diminuzione di celerità avvenuta nel veicolo su cui sono posti. Similmente, se un cavallo che corra velocemente, si rallenta o si arresta d'un tratto, il cavaliere è sbalzato dinanzi al cavallo, e se questo invece si mette a correre od accelera la sua corsa repentinamente, il cavaliere cade all'indietro.

Analoghi fatti si producono per un brusco cambiamento di dire-

zione del veicolo. Se esso piega improvvisamente verso destra, i corpi sciolti che trasporta cadono verso sinistra e viceversa.

La terra, che percorre il suo corso intorno al sole e gira in pari tempo uniformemente sul proprio asse, producendo così le vicende di notte e giorno e la serie delle stagioni, si può riguardare un veicolo che trasporti tutti i corpi sciolti che stanno su di essa quali, sarebbero l'aria, l'acqua ed altri fluidi, gli animali e tutti gli oggetti naturali od artificiali non piantati nel terreno sodo, primieramente intorno l'asse di rotazione in causa del suo moto diurno ed ed in secondo luogo intorno al sole per il moto annuo della terra nella sua orbita. Ciò posto, se uno dei due movimenti avesse a ricevere un repentino cambiamento di velocità o di direzione, i fluidi che compongono l'atmosfera e gli oceani, i mari, i laghi, i fiumi, non partecipando a questo cambiamento, sarebbero per le ragioni anzidette spinti fuori delle loro posizioni di equilibrio relativo. Ne seguirebbero violenti commozioni atmosferiche. Le acque degli oceani e dei mari, sbalzate dai loro letti, inonderebbero i continenti; i fiumi cambierebbero direzione, od aprendosi un nuovo corso od innondando le pianure circostanti; i laghi abbandonerebbero le loro sedi, scorrendo in canali aperti ad essi od allagando i paesi che li contornano. Gli animali sarebbero scagliati contro gli oggetti solidi più vicini, con una veemenza probabilmente maggiore di quella d'una palla di cannone. Gli alberi sarebbero strappati dalle radici; gli edifici, specialmente quelli di molta altezza, abbattuti e se il cambiamento del moto fosse d'una certa intensità, le vette degli alti monti sarebbero projettate nelle pianure o nelle valli adjacenti. È evidente che sarebbe inevitabile la distruzione di tutto il mondo organizzato.

Ma quand'anche, per la piccolezza della massa della cometa urtante e per altre ragioni, il cambiamento dell'asse e della velocità di rotazione della terra avesse a riescire di poca entità ed incapace di produrre la descritta devastazione, ne seguirebbero però altri effetti che mostrerebbero ben presto il disordine prodotto da una tale catastrofe. Il menomo cambiamento di asse cagionerebbe un cambiamento corrispondente nella posizione dei poli e dell'equatore della terra. La latitudine e la longitudine di tutti i luoghi sul globo ne riceverebbero un alterazione di grandezza proporzionata al cambiamento di giacitura dell'asse di rotazione.

Ma si dimostra in meccanica che una sferoide, quale si sa che è la terra, non può ruotare perennemente intorno ad altro asse che al suo diametro minore, cioè a quel diametro che congiunge i due

punti centri delle due parti dove è schiacciata; e numerose ed esatte osservazioni, ci provano che è appunto questo, l'asse intorno cui gira attualmente il globo. Ora, se per l'urto d'una cometa solida la terra avesse a cominciare a ruotare intorno ad un altro diametro, non continuerebbe lungamente in questo modo. D'ora in ora cambierebbe l'asse, fin tanto che da ultimo tornerebbe a girare intorno al suo diametro minore.

Ma durante questo continuo cambiamento dell'asse, che inconcepibile confusione fisica e geografica ne deriverebbe! Non solo si muterebbero continuamente la latitudine e le longitudini dei varii luoghi ma i loro climi e le stagioni, le condizioni e le qualità dei loro prodotti vegetali subirebbero variazioni corrispondenti. Gli animali emigrerebbero di paese in paese, in cerca di un clima confacente, e per fuggire da vicende ed estremi di temperatura, che i loro istinti non mancherebbero di far sentir loro come incompatibili al proprio benessere. La distribuzione della terra ferma e dell'acqua, quand'anche non si verificassero gli effetti devastatori prodotti dalle grandi variazioni di velocità e di direzione, subirebbe però gradatamente un cambiamento totale e generale, ed i lineamenti geografici della terra e i confini tra le nazioni e tra le razze ne sarebbero scomposti e cancellati.

Per rispondere dunque alla questione, se la terra in nessun epoca non sia mai stata urtata dal nucleo solido di una cometa, basterà esaminare se vi sia qualche tradizione storica o qualche traccia fisica sulla superficie del globo dei fenomeni simili a quelli ora descritti.

Non è necessario di osservare che nelle memorie storiche e nelle tradizioni dei popoli, non vi sono traccie di una catastrofe simile a quella ora descritta. Il diluvio, di cui parleremo a momenti, non presenta le condizioni indicate. Che vi siano indizii sulla crosta della terra, i quali dimostrino che molta parte dei continenti, ora elevati ad altezze considerevoli sul livello del mare, siano stati in altre epoche antiche, sommersi sotto le acque, ciò è incontestabile. Le ricerche dei geologi hanno stabilito questo fatto. Ma la maniera in cui si trovano disposti quei depositi marini, non è tale da potersi spiegare con un cambiamento nell'asse o nella celerità della rotazione del globo. Quei depositi sono per lo più orizzontali, assai estesi, di molto spessore ed assai regolari. Le svariate e spesso piccolissime conchiglie che vi si trovano, conservano intatti i punti più dilicati e le parti più fragili. Tutte le circostanze, insomma, tolgono l'idea d'una trasposizione violenta; tutto dimostra che i depositi si sono formati sul luogo.

In qual maniera si potrebbe dunque darne la spiegazione senza ricorrere ad un eruzione marina? Si suole ammettere che le montagne ed il terreno accidentato, a cui si appoggiano, siano sorti dal disotto, come i funghi; che siansi quindi formate in seno alle acque. Nel 1694 Halley aveva già citato quest'ipotesi come una *possibile* spiegazione della presenza di prodotti marini sui fianchi e sulle vette delle più alte montagne. Questa spiegazione ora è ammessa da tutti. Una cometa che alterasse in modo percettibile il movimento di rotazione o quello di traslazione della terra darebbe certo occasione a terribili convulsioni sulla crosta del globo; ma giova ripeterlo, queste rivoluzioni fisiche differirebbero per mille circostanze da quelle che formano attualmente l'oggetto delle ricerche geologighe.

## XIV.

*La condizione geografica della terra non venne mai alterata dalla vicinanza di qualche cometa? Il diluvio biblico può attribuirsi ad una simile causa?* — Nell'anno 1680 apparve una cometa rimarchevole, la quale divenne celebre per il tentativo fatto da Whiston di provare che ella era periodica e che una delle sue visite anteriori era stata la causa prossima del diluvio Mosaico. Arago, nel suo saggio sulle comete, ha discusso pienamente la questione posta da Whiston.

Whiston non solo si proponeva di mostrare in che maniera una cometa poteva avere causato il diluvio Noetico, ma desiderava eziandio che la sua spiegazione concordasse minutamente con tutte le circostanze di quella grande catastrofe, come sono esposte nella Bibbia. Vediamo come egli abbia riuscito nel suo intento.

Il diluvio biblico avvenne l'anno 2349 innanzi Cristo, secondo il testo ebraico moderno, o l'anno 2926 secondo il testo samaritano, i Settanta e Giuseppe Ebreo. Vi è dunque, ragione di supporre che nell'una o nell'altra di queste epoche sia apparsa qualche grande cometa?

Fra le comete osservate dagli astronomi moderni, quella del 1680 può, senza esitazione, essere posta in primo rango, in causa del suo splendore.

Moltissimi storici, nazionali e forastieri, fanno menzione di *una grandissima cometa, di splendore simile a quello del sole, con una coda immensa* che apparve l'anno 1106. Risalendo ancora più indietro, troviamo una grandissima e terribile cometa indicata dagli scrittori Bizantini col nome di Lampadia, perchè somigliava ad una lampada ardente, la cui apparizione può fissarsi nell'anno 531. Una cometa

apparve nel mese di settembre dell'anno della morte di Cesare, durante i giuochi dati dall'Imperatore Augusto al popolo Romano. Questa cometa era fulgidissima, al punto che si cominciava a vederla all' undecima ora del giorno cioè a circa cinque ore di sera, o *prima del tramonto*. La data di quell' anno è 43 innanzi l' Era Volgare.

Paragoniamo ora le date di queste apparizioni.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Dal 1106 | al 1680 | vi sono | . . 574 | anni |
| » 531 | » 1106 | » » | . . 575 | » |
| » 43 a. C. | » 531 | » » | . . 575 | » |

Questi periodi si potevano riguardare come eguali fra loro, e ciò rendeva abbastanza probabile che le comete dalla morte di Cesare, del 531, del 1106 e del 1680 non fossero state che le riapparizioni d' una sola e medesima cometa, che, dopo avere compiuto il giro della sua orbita in circa cinquecentosettantacinque anni, tornava ad essere visibile alla terra. Ora moltiplicando per quattro questo periodo di cinquecentosettantacinque anni, risultano duemila e trecento anni, a cui aggiungendo i 43, della data della morte di Cesare, si ottiene con un divario di soli sei anni l' epoca del diluvio secondo il testo ebraico moderno. Moltiplicandolo per cinque si ha la data dei settanta con una differenza minore di otto anni.

Ricordando le differenze marcate che presentò la cometa del 1759 nel periodo della sua rivoluzione intorno al sole, bisogna confessare che Whiston poteva a buon dritto credersi autorizzato di supporre che la gran cometa del 1680, o quella della morte di Cesare, sia stata prossima alla terra all' epoca del diluvio Noetico, e che abbia avuto qualche parte in quel grandioso fenomeno.

Non ci arresteremo a spiegare minutamente la serie di trasformazioni per cui la terra, che al dire di Whiston era in origine una cometa, divenne il globo che ora abitiamo. Ci basti osservare che egli riteneva che il nucleo della terra sia la sostanza dura e compatta, la quale formava l'antico nucleo della cometa; che le materie di varia natura mescolate confusamente, le quali componevano la nebulosità, si siano abbassate più o meno prontamente a norma delle loro gravità specifiche; e che quindi il nucleo solido sia stato da principio avvolto da un fluido grave e fitto; che le materie terrose si siano precipitate in seguito formando una copertura sul fluido denso — una specie di crosta, paragonabile ad un guscio d' uovo; che l' acqua alla sua volta sia venuta a coprire questa crosta solida; che in quantità considerevole sia filtrata traverso le fessure e si sia

distesa sul fluido denso; che infine le materie gasose rimanendo sospese si siano gradatamente purificate ed abbiano costituito l'atmosfera.

Così, secondo la sua teoria, il grande abisso biblico si può ritenere composto da un nucleo solido e di due sfere concentriche. Di queste la più vicina al centro è formata da un fluido pesante che si è precipitato pel primo; il secondo è di acqua; è dunque, a rigore di termini, sul secondo di questi fluidi che riposa la crosta solida ed esteriore del globo.

Ci conviene adesso di esaminare come dietro una simile costituzione del globo, a cui molti geologi avrebbero per lo meno da opporre più di una difficoltà, Whiston spiega i due avvenimenti principali del diluvio descritto da Mosè.

« Nel secentesimo anno della vita di Noè, » dice il testo della Genesi, « nel decimosettimo giorno del secondo mese, in questo giorno, *si squarciarono tutte le sorgenti del grande abisso e si aprirono le cataratte del cielo.* »

All'epoca del diluvio, così dice Whiston, la cometa del 1680 non era lontana dalla terra che di nove o diecimila miglia; perciò essa dovette attrarre le acque del grande abisso, in quella stessa maniera in cui anche al presente la luna attrae l'acque dell'oceano. In causa della grande prossimità, il flusso sollevato dalla sua azione dovette essere immenso. La crosta terrestre non potè resistere all'impeto dell'inondazione; si spaccò in un gran numero di punti e le acque non più trattenute irruppero sui continenti. In questo il lettore ravviserà lo *squarciarsi delle sorgenti del grande abisso.*

Le pioggie ordinarie dei nostri tempi, anche continuando per quaranta giorni, non avrebbero prodotto che una piccola accumulazione. Ritenendo che la quantità di pioggia caduta in un giorno fosse eguale a quella che cade annualmente a Parigi, il prodotto di sei settimane, ben lungi dal coprire le più alte montagne, sarebbe difficilmente giunto all'altezza di venticinque metri. Bisognava dunque andare in traccia di altre sorgenti *diverse dalle cateratte del cielo.* Whiston le ha trovate nella nebulosità e nella coda della cometa.

Secondo lui, la nebulosità toccò la terra presso i monti Gordiani (Ararat). Questi monti intercettarono tutta la coda. L'atmosfera terrestre, caricata così di un'immensa quantità di particelle acquee, potè produrre una pioggia di quaranta giorni di una tale violenza di cui non abbiamo alcuna idea nello stato normale del globo.

Malgrado la sua stranezza, abbiamo esposto dettagliatamente la teoria di Whiston, tanto a motivo della celebrità, di cui essa godette per lungo tempo, quanto per una debita considerazione verso il suo

autore che lo stesso Newton si designava a successore nell'università di Cambridge; pure la sua teoria sembra non possa resistere alle seguenti obbiezioni.

Whiston che aveva dovuto ricorrere ad un'immensa maréa per spiegare il mistero dei fenomeni biblici del grande abisso, non si contentò di far passare la sua cometa ad un estrema vicinanza della terra nell'istante del diluvio; le attribuì inoltre grandissime dimensioni ritenendola sei volte più grande della luna.

Tale supposizione è affatto gratuita e questo è ancora il minimo de' suoi difetti; perchè non è sufficiente a render conto del fenomeno. Se la luna produce il flusso nelle acque dell'oceano, ciò avviene perchè il suo moto angolare diurno non è gran fatto considerevole; perchè nello spazio di alcune ore la sua distanza dalla terra varia di pochissimo, e si ferma verticalmente per un tempo notevole sopra quasi gli stessi punti del globo; così il fluido ch'essa attrae ha sempre tempo di obbedire alla sua azione prima ch'essa prosegua verso un'altra regione, dove la forza che ne emane sarà diretta altrimenti. Ma le cose dovettero procedere ben diversamente rispetto alla cometa del 1680. Vicina come era alla terra, il suo moto angolare apparente doveva essere oltremodo rapido; in pochi minuti essa doveva trascorrere sopra una numerosa serie di punti situati su meridiani terrestri assai discosti l'uno dall'altro. Quanto alla sua distanza rettilinea dalla terra, poteva senza dubbio essere stata piccolissima, ma solamente per pochi istanti. È da osservarsi che il concorso di queste circostanze è tutt'altro che favorevole alla produzione di una grande maréa.

È vero per altro che si ponno diminuire queste difficoltà, bastando perciò ingrandire la cometa, supporne la massa non sei, ma trenta o quaranta volte maggiore di quella della luna; ma la cometa del 1680 non si presta a tale supposizione. Nel primo novembre di quell'anno ella passò assai vicino alla terra. Si è mostrato che all'epoca del diluvio la sua distanza non poteva essere minore; pure, siccome nel 1680 non produsse nè cataratte celesti, nè maree terrestri, nè squarciamenti del grande abisso, siccome, oltre a ciò, non fummo inondati nè dalla sua coda nè dalla sua nebulosità, con tutta la franchezza possiamo asserire che la teoria di Whiston è un puro romanzo, a meno che, abbandonando la cometa del 1680, non ci arrischiamo di attribuire gli stessi effetti a qualche altro oggetto più riguardevole della medesima specie.

Dobbiamo notare da ultimo che, anche l'argomento di Whiston, basato sulla apparente eguaglianza degli intervalli fra le supposte suc-

cessive riparazioni, da cui egli dedusse un periodo di 574 o 575 anni per la cometa del 1680, è rovesciato da calcolazioni più recenti che assegnano a quel corpo un orbita ellittica con un periodo di 8813 anni.

## XV.

La probabilità che l'equilibrio terrestre venga alterato e rotto dalla vicinanza d'una cometa, la quale però non giunga all'effettivo contatto col globo, è annientata dal fatto stabilito che le masse di questi corpi sono generalmente così insignificanti che nessuno di loro non ha mai prodotto colla sua vicinanza una percettibile deviazione nel corso ordinario anche del più piccolo membro del sistema solare.

## XVI.

Malgrado i molti argomenti che abbiamo qui sviluppati contro la probabilità che le comete abbiano ad esercitare qualche fatale influenza sul nostro pianeta, non dobbiamo tacere che distintissimi scienziati hanno riguardato come non impossibili cotali influenze ed effetti. Così Laplace, parlando d'una possibile collisione d'una cometa solida colla terra, dice: « È agevole il prevedere gli effetti d'un simile avvenimento; l'asse e la rotazione della terra ne sarebbero alterati; le acque dei mari e degli oceani abbandonerebbero il loro letto per precipitarsi verso il nuovo equatore; la maggior parte degli uomini e degli animali inferiori sarebbero affogati in un diluvio universale, o distrutti dalla violenza dello scontro; tutte le specie annichilate; tutti i monumenti dell'industria umana, abbattuti! « Malgrado le prove numerose ed ovvie contro la possibilità che i fenomeni geologici siano stati prodotti da una simile causa, Laplace non la rigettava, probabilmente perchè al tempo in cui egli scriveva quei fenomeni, non erano conosciuti pienamente come oggi lo sono. « Da ciò vediamo » notava egli, « come l'oceano abbia abbandonato le più alte montagne, su cui ha però lasciato incontestabili argomenti della sua presenza. Vediamo come gli animali e le piante dei tropici possono essere esistite alle latitudini più elevate, dove si veggono ancora i loro avanzi e le loro impronte. Ciò spiega infine, la data recente delle razze presenti i cui monumenti più antichi non risalgono che a circa 3000 anni. La razza umana, ridotta ad un piccolo gruppo di individui in una condizione deplorabile ed occupati esclusivamente nel provvedere alle necessità fisiche, dovette necessariamente perdere

ogni rimembranza ed ogni tradizione di scienze e di arti; e quando più tardi, il progresso dell'incivilimento creò nuovi bisogni, si dovette rifar tutto da capo, come se non vi fosse stato progresso anteriore, e come se l'uomo allora per la prima volta fosse stato posto sulla terra. »

## XVII.

Discussa la questione delle influenze fisiche che si attribuiscono alle comete, chiuderemo questo cenno coll'esporre brevemente uno dei fenomeni più strani ed inesplicati che si siano mai veduti in cielo e che è stato non solo veduto ma osservato anche colla più scrupolosa diligenza ai nostri giorni.

Una cometa periodica, detta la cometa di Biela dal nome del suo inventore, gira intorno al sole in un orbita ovale in sei anni e tre quarti. Nell'occasione della sua apparizione del 1846, la si vide separarsi in due comete distinte, che, dalla fine del dicembre 1845 all'epoca in cui disparve nell'aprile 1846, girarono in orbite distinte ed indipendenti. Queste orbite erano in tale giusta-posizione ottica, che i due corpi si vedevano sempre insieme nel campo del telescopio ed il massimo angolo visuale fra i loro centri non arrivava a più di un terzo della larghezza apparente della luna.

Il signor Plantamour, direttore dell'osservatorio di Ginevra, calcolò le orbite delle due comete, considerate come corpi indipendenti e trovò che, mentre erano visibili, la distanza reale dei loro centri soggiaceva ad una leggiera variazione di circa trentanove raggi terrestri o due terzi della distanza della luna. Le comete progredivano l'una a fianco dell'altra senza manifestare nessun'azione perturbatrice reciproca; circostanza per nulla sorprendente se si consideri l'infinita piccolezza delle masse di questi corpi.

La cometa primitiva sembrava una massa globulare di sostanza nebulosa, semitrasparente perfino nel suo centro, e non vi si scopriva apparenza di coda. Dopo la separazione, entrambe le comete avevano una corta coda, e le due code erano parallele fra loro e perpendicolari alla retta passante pei loro centri; entrambe avevano un nucleo. Dal giorno della separazione, la cometa primitiva scemò e la sua compagna crebbe di splendore, finchè (al 10 di febbraio) le due comete divennero sensibilmente eguali. Dopo d'allora, la compagna crebbe ancora di splendore e dal 14 al 16 non solo superava di molto la prima, ma presentava un nucleo vivace somigliante ad una scheggia di diamante. Allora il cambiamento di splendore

ricominciò in senso inverso, la cometa primitiva ricuperò la sua superiorità e presentò nel 18 le stesse apparenze che la compagna offriva dal 14 al 16. Dopo di ciò la compagna svanì lentamente e disparve prima che nel 22 di aprile, sparisse totalmente la cometa originaria.

Si osservò pure che un sottile arco luminoso traversava lo spazio che separava i due nuclei, specialmente quando l'uno o l'altro avevano raggiunto il massimo splendore, e che l'arco sembrava emanare dal nucleo che in quel momento era più brillante.

Dopo la scomparsa della compagna, la cometa primitiva gettò fuori tre pallide code, formanti un angolo di 120° l'una coll'altra e di cui una si dirigeva al posto dianzi occupato dalla compagna.

Si sospetta che la pallida cometa che il prof. Secchi osservò in Roma precedere nel 1852 la cometa di Biela, sia stata questa compagna separatane nel modo descritto; e quando ciò fosse la separazione sarebbe permanente e la distanza fra le due parti, maggiore di quella che v'è fra la terra ed il sole.

Prof. R. Ferrini.

---

# PRONOSTICI DEL TEMPO

I. Errori popolari sui fenomeni meteorologici. — II. Almanacchi; loro predizioni ed assurdità; tavole del tempo di Herschel; almanacco di Murphy. — III. Influenza della luna sul tempo; teoria di Toaldo; osservazioni di Pilgrim; osservazioni e scritti di Horsley; osservazioni e calcoli di Schübler: loro esame critico fatto da Arago; osservazioni di Flaugergues e di Bouvard. — IV. Ciclo di Metone; esame del medesimo ed osservazioni di Arago. — V. Speculazioni e ragionamenti dei meteorologisti. — VI. Le fasi lunari non hanno alcuna influenza sul tempo.

## I.

Le leggi fisiche che reggono i fenomeni della nostra atmosfera, e che regolano i cambiamenti del tempo, furono sempre un tema favorito di speculazioni. Siccome i principii della scienza astronomica offrivano i mezzi di predire i movimenti e l'aspetto dei corpi celesti, col più alto grado di certezza e di precisione possibile, così fu naturale il credere che i fenomeni atmosferici potessero dipendere

da regole egualmente chiare e sicure. Molto prima che fosse spiegata l'influenza della luna nel sollevarsi e nell'abbassarsi delle acque dell'oceano, era evidente la correlazione fra il movimento della luna e le maree; e per questo fatto, fino da epoche remotissime, si raffermava l'opinione che quel corpo avesse un'influenza sull'atmosfera, se non così certa e regolare come sulle acque, sufficiente almeno da fornire basi probabili alle congetture sopra alcuni cambiamenti del tempo.

Ma anche prima che analogíe di tal fatta potessero aver somministrato molto fondamento ai ragionamenti, e quando ancora i corpi celesti dovevano essere risguardati piuttosto come *segni* che come *cause*, l'osservazione popolare aveva già trovato una connessione fra essi ed i fenomeni meteorologici. È ovvia l'influenza del clima su tutti gli interessi di un popolo dapprima allo stato pastorale, in seguito agricoltore; e in relazione di ciò troviamo pronostici del tempo che discendono per via di tradizione, dalla più remota antichità. A differenza però di quanto avviene alla maggior parte degli altri argomenti di osservazioni e di ricerche, in questo si indietreggiò piuttosto che perfezionarsi col progresso delle cognizioni e della civiltà; e ciò che dapprima non era che un sistema de'*segni* di un certo stato attuale dell'atmosfera indicante alcuni prossimi cambiamenti, fu per l' insaziabilità della filosofia nella ricerca dei rapporti delle cause e degli effetti, trasformato nel più assurdo sistema di *regole*, prive di fondamento in natura, giammai confermato dai fenomeni, se non fortuitamente, e conservantesi in credito, causa l'illimitata credulità dell' uman genere.

La verità è che gli antichi pronostici derivati sia dalla luna, che dal sole o dalle stelle, erano dapprima usati legittimamente quali mere indicazioni dello stato dell'atmosfera da persone troppo semplici e prive di coltura per darsi pena delle relazioni fra le cause e gli effetti; ma quando di queste apparenze si occuparono i filosofi, furono tosto innalzate al grado di cause fisiche, e il loro dominio venne esteso in proporzione della dignità e dell' importanza loro attribuita. Tale fu lo stato delle cognizioni sotto una filosofia che faceva della luna il confine tra la corruzione, la variabilità e la passività d'una parte e le attive potenze della natura dall'altra. « Così, dice Horsley, le incerte conclusioni d'una mal diretta analogia e di una falsa metafisica, furono mescolate a pochi semplici precetti dedotti dall'osservazione, i quali probabilmente nel suo primitivo e più puro stato, formarono tutta la scienza dai pronostici. » — E anche attualmente, se vi sono molti che si burlano delle predizioni che danno

di giorno in giorno lo stato dell'atmosfera, quanti ancora non ve ne sono che s' aspettano un cambiamento di tempo ad ogni fase di luna?

## II.

In qualcuno dei numerosi almanacchi posti in circolazione si trovava una tavola indicante il rapporto fra i cambiamenti del tempo e le fasi lunari; essa portava per titolo: *Tavola del tempo di Herschel*. Era veramente opera dell' illustre astronomo di cui portava il nome? Si può essere certi del contrario.

In un' epoca come la nostra in cui la scienza è tanto diffusa, reca meraviglia il vedere lo spirito pubblico ribollire per cose che non ne valgono la pena. Nel 1832 tutta la Francia fu in allarme: si ebbe paura che la cometa di Biela, traversando il nostro sistema solare, venisse ad urtare la terra.

Il governo di quel paese, per calmare il pubblico, invitò il signor Arago a pubblicare un saggio sulle comete, scritto alla portata di tutti, per dimostrare l' impossibilità d' un tale avvenimento. (1)

Anche l'Inghilterra, a memoria nostra, fu presa da timori panici. Londra ebbe *paura dell'acqua*, il pubblico era convinto che l'acqua della metropoli era nociva alla salute, fin anco mortale. In quel periodo di tempo, i giornali rigurgitavano di annunzii di filtri patentati; i fabbricatori di microscopii solari mostravano agli atterriti Londinesi le migliaja d' animali nella loro quotidiana bevanda; gli editori pubblicavano trattati popolari di entomologia, e il pubblico fu preso da una generale idrofobia. Invano Brande analizzava l' acqua all'Istituto Reale, invano Faraday cercava di rimettere Londra nel suo buon senso. La scienza cessò di essere una potenza: la filosofia perdette la sua autorità. Il tempo ebbe maggior potere. Quando la malattia ebbe percorse tutte le sue fasi, il pubblico entrò in convalescenza. — A un' altr' epoca non fu più l'acqua di cui si ebbe paura, ma l'aria. Fin tanto che durò quel timore panico gli abitanti della gran metropoli appena ardirono di respirare. Si accagionò di tutto il male, la combustione del carbon fossile. Si prese a fare il conto del

(1) Anche noi fummo testimonii, due anni sono, d'un simile timore panico nella nostra città a proposito d'un'altra cometa. Chi poi s'assumesse il tristo incarico di tessere la storia di cotali aberrazioni avrebbe a notare pur anco la voga con cui e furono accolti e fecero il giro del mondo incivilito i supposti fenomeni del magnetismo animale, dei tavoli semoventi e scriventi, ecc.

(*Nota del Traduttore*).

numero dei piedi cubici di gas solforoso che annualmente entravano nei polmoni di ciascun adulto; si discussero nelle botteghe le proprietà dell'acido carbonico; si inventarono e si posero in commercio fornelli patentati: e il parlamento fu costretto a votare un *bill* sulla purificazione dell'atmosfera, ed obbligare quelli che si servivano di foco a bruciare ciascuno il proprio fumo.

Nel 1838, il popolo inglese, che è impressionevole in modo speciale, si appassionò per i pronostici del tempo: causa probabile il freddo straordinariamente rigoroso e persistente che durò nei mesi di gennajo e di febbrajo. Per una coincidenza fortuita, si trovò che in uno degli almanacchi pronosticatori del tempo il giorno più freddo era stato predetto da un certo Patrick Murphy. Immediatamente e senza aspettare l'opinione delle autorità scientifiche, i direttori di alcuni grandi giornali si posero a discorrere gravemente degli immensi vantaggi che ridonderebbero all'affittaiolo, al manifattore, al navigatore e ad altri da una sicura predizione del tempo, settimana per settimana e giorno per giorno: la possibilità del fatto fu subito ammessa. Mattia Læensberg ridivenne un grand' uomo, *l'uomo della circostanza.*

Tale era l'orgasmo del pubblico che il libro in cui si trovava la cosidetta tavola del tempo si vendette a centinaja di migliaja di esemplari, malgrado il suo prezzo elevato! Le botteghe dei libraj erano assediate da una folla impaziente come quella d'un fornajo in tempo di carestia, e si dovette ricorrere alla polizia, la quale per impedire l' ingombro del passaggio, dispose i compratori attendenti in una *coda spaventosa* che si stendeva a perdita di vista. Si crederà però, che quando l'autore di queste pagine esaminò in seguito l'almanacco e ne paragonò coi cambiamenti di tempo che si verificarono le sue pretese predizioni in diciassette casi le trovò in errore di venti ore!

## III.

L' influenza attribuita alla luna sul tempo può essere riguardata come una quistione teorica o come una quistione di fatto.

Consideriamola un momento dal lato teorico. Se la luna agisce sulla nostra atmosfera per attrazione, come sull' acque dell' Oceano, essa produrrà delle *maree atmosferiche*. La maggiore mobilità dell'aria farà sì che queste maree si formeranno con maggiore rapidità di quelle dell'acqua; e si può, con molta probabilità ritenere che saranno poste o esattamente o assai prossimamente sotto la luna. Così, come due volte al giorno vi è il flusso del mare, vi sarebbe due

volte al giorno un *flusso* nell'atmosfera e gli istanti di queste maree aeree corrisponderebbero ai passaggi della luna al meridiano sopra e sotto all'orizzonte.

La stessa causa dunque che nei plenilunii e nei novilunii produce le grandi maree e nelle quadrature le maree basse, produrrebbe nelle epoche medesime, delle alte e basse maree atmosferiche. In tempo di luna nuova o di luna piena l'aria dovrebbe essere ogni giorno a mezzodì e a mezzanotte più alta che in qualunque altro momento del mese; alle quadrature dovrebbe all'incontro essere la più bassa.

Se dunque si osserverà il barometro due volte al giorno, cioè ai momenti dei due passaggi della luna al meridiano sotto e sopra all'orizzonte, l'altezza della colonna di mercurio dovrà essere massima a luna nuova e a luna piena, minima nelle quadrature. Ora siccome generalmente l'innalzarsi del barometro indica bel tempo, e il suo abbassarsi cattivo tempo, la conseguenza sarebbe che generalmente dovesse prevalere il bel tempo nelle epoche dei plenilunii e dei novilunii, e il cattivo in quelle delle quadrature (1).

Pure non è questa l'opinione popolare. La massima tradizionale è che dobbiamo aspettarci un cambiamento ad ogni luna nuova o ad ogni luna piena; cioè che se il tempo prima era bello si farà brutto, se era brutto, bello.

Il sig. Arago sottopose al più rigoroso esame una serie d'osservazioni barometriche fatte all'Osservatorio di Parigi, e continuate per dodici anni; e trovò che l'effetto dell'attrazione lunare sul barometro nelle epoche delle alte e basse maree atmosferiche, non poteva sorpassare 1/600 di pollice; — quantità così piccola da non poter produrre un effetto sensibile sul tempo.

(1) Se i mari non fossero stretti fra continenti ma rivestissero come uno strato uniforme la terra, le loro acque, sotto l'influenza delle attrazioni cospiranti della luna e del sole, prenderebbero la forma d'un ellissoide. La differenza fra il maggiore ed il minore dei semiassi di questa, potrebbe, secondo la teoria; ascendere circa a metri 0,74. Le circostanze ammesse nel calcolo essendo ben lungi dal corrispondere al fatto, non è meraviglia se il limite da esso indicato per le variazioni nel livello dei mari dipendenti dal flusso e del riflusso venga assai sorpassato, e arrivi in certi punti del globo a qualche decina di metri. Ma per l'atmosfera le circostanze in discorso si verificano invece esattamente, per cui l'aumento della di lei altezza, dovuta all'attrazione concorde della luna e del sole nelle epoche dei novilunii e dei plenilunii, non potrà essere che di circa metri 0,74. A tale accrescimento nell'altezza della colonna d'aria soprastante a una data regione del suolo, non può corrisponderne che uno di circa un decimo di millimetro nell'altezza della colonna barometrica. Quest'oscillazione è assai piccola e facilmente viene nelle nostre latitudini dissimulata dalle variazioni irregolari.

(*Nota del Traduttore*).

È quindi evidente che se la luna ha pure qualche influenza sulla nostra atmosfera, non la si può ascrivere ad una causa analoga a quella che produce le maree dell'Oceano.

Ma si può rispondere, che quantunque la luna non influisca sull'atmosfera per la sua gravitazione, pure vi potrebbe influire per mezzo della sua luce, per mezzo di emanazioni elettriche o magnetiche, o infine per qualche causa fisica occulta non ancora scoperta dagli astronomi. — Ecco un objezione che per essere vaga e indefinita, si può difficilmente ribattere coi mezzi offertici dalla teoria. È noto che la luce lunare concentrata in un punto colle lenti più forti, è inetta a produrre un effetto apprezzabile sul più sensibile termometro: nè si trova che ella produca qualche effetto di natura elettrica o magnetica. Si può ritenere in generale che gli effetti comunemente attribuiti alla luna di influire sui cambiamenti di tempo nelle sue fasi principali, sono così contradditori che è impossibile immaginare alcuna causa fisica da cui farli dipendere. Se la luna nuova, la luna piena, i quarti di luna sono accompagnati da mutamenti di tempo, la causa che produce questi effetti nelle identiche circostanze, deve avere influenze fra loro incompatibili; se prima della fase il tempo era bello, la supposta causa fisica deve poterlo cambiare in cattivo; se era cattivo, la stessa causa deve poterlo convertire in bello. Si concederà che è ben difficile immaginarsi un'agente fisico qualunque, che in circostanze precisamente identiche, produca sullo stesso corpo effetti tanto opposti.

Ma lasciamo di esaminare il lato teorico della questione: vediamo i fatti. Fu egli forse constatato come *fatto costante* che il più delle volte le epoche delle principali fasi lunari sono contrassegnate da cambiamenti di tempo? Per rispondere in modo soddisfacente a questa domanda è indispensabile di precisare innanzi tutto il significato dell'espressione: *cambiamenti di tempo.* Un osservatore predisposto ad ammettere l'influenza delle fasi lunari, si terrà in diritto di considerare come cambiamenti di tempo qualunque passaggio da uno stato calmo al vento, sia questo poco o molto sensibile; qualunque cambiamento di un cielo puro e sereno in uno leggiermente annuvolato; da un tale ad uno totalmente coperto di nubi. Se dopo un giorno, in cui non è piovuto, vedrà cadere quattro goccie, sarà per lui un cambiamento così notevole come quello di un giorno di pioggia incessante che succeda ad altro perfettamente sereno. D'altra parte un osservatore incredulo, non terrà conto delle piccole modificazioni del tempo e non noterà che i cambiamenti al tutto decisi. È ben ardua cosa il togliere queste difficoltà, ma se non si tolgano, come sarà pos-

sibile di confrontare le memorie dei varii osservatori, con qualche probabilità di raggiungere il vero? Qual valore, qual'importanza si potrà attaccare ai risultati di simili osservazioni, se non si tiene il debito conto dei pregiudizii degli osservatori?

Toaldo diede i risultati di un confronto di osservazioni continuate a Padova per quarantacinque anni, in cui si trova il parallelo dei cambiamenti del tempo e delle fasi lunari. Senza entrare in dettagli sui particolari di questi calcoli, possiam dire che a Toaldo risultarono sei cambiamenti di tempo sopra sette novilunii, cinque sopra sei plenilunii, e due ad ogni tre quadrature. Esaminò egli benanco lo stato dell'atmosfera relativamente alla distanza fra la luna e la terra, la quale è un po' variabile. Si chiama *apogeo* la posizione della luna quando è più lontana dalla terra, *perigeo* quando lo è più vicina. Trovò dunque che sopra sei passaggi della luna all'apogeo aveano luogo cinque cambiamenti di tempo, e ne avvenivano quattro sopra cinque passaggi della medesima al perigeo. È manifesto che se questi risultati presentassero i caratteri di una critica severa, sarebbero decisamente favorevoli all'opinione popolare sull'influenza della luna. Ma esaminiamo il modo con cui Toaldo diresse le sue ricerche.

Toaldo professava apertamente l'opinione dell'influenza della luna non appena sull'atmosfera, ma anche sul mondo organico. Non ci dice nella sua memoria quali cambiamenti atmosferici egli considerasse come cambiamenti di tempo, per cui ci è lecito il presumere che abbia classificato come tali anche le più leggiere variazioni. Più avanti, nel riportare i cambiamenti di tempo in coincidenza colle epoche delle fasi lunari, non si limitò a quelli che ebbero luogo nello stesso giorno della fase, ma col pretesto che alle cause fisiche abbisogna un certo tempo ad operare, prese i risultati di parecchi giorni. Così egli comprendeva nei suoi calcoli, come mutazioni avvenute a luna nova o a luna piena tutte quelle che si verificavano due o tre giorni prima o due o tre giorni dopo quello della fase; come avvenuti nelle quadrature quei soli cambiamenti che avevano luogo anche il giorno precedente o il susseguente a quello della fase, mentre nelle epoche che non coincidevano con fasi lunari non teneva conto che di quelli che si operavano nella giornata in questione.

Risulta da ciò che per quei cambiamenti, che Toaldo classificò come coincidenti colla luna nova o colla piena, si devono intendere tutti quelli occorsi nello spazio di cinque a sei giorni; per cambiamenti avvenuti nelle epoche delle quadrature tutti quelli che ebbero luogo nello spazio di tre giorni, e per non corrispondenti ad una fase lunare quelli verificatisi in un giorno solo. Non abbisogna, certo, molta

sagacità matematica per convincersi che tali ricerche non potevano condurre Toaldo ad altri risultati; e che, sarebbero stati ancora i medesimi se egli invece di sottoporre ad un simile esame le coincidenze colle fasi lunari, vi avesse sottoposto quelle corrispondenti a qualsivoglia altro periodo di tempo. Cinque giorni a luna nuova e cinque a luna piena comprendono un terzo di mese lunare, e così un terzo di tutti i mutamenti avvenuti in un mese erano attribuiti da Toaldo all'influenza lunare.

Il professore Pilgrim esaminò una serie di osservazioni sulla correlazione delle fasi lunari e dei cambiamenti di tempo, continuate a Vienna dal 1763 al 1787, — abbraccianti quindi un periodo di 20 anni, — e trovò, sopra cento epoche di fasi, la seguente proporzione dei cambiamenti verificatisi a quelli che non ebbero luogo:

| *Fasi* | *Cambiamenti di tempo.* | *Permanenze* |
|---|---|---|
| Luna nuova | 58 | 42 |
| Luna piena | 63 | 37 |
| Quadrature | 63 | 37 |
| Perigeo | 72 | 28 |
| Apogeo | 64 | 36 |
| Luna nuova al perigeo | 80 | 20 |
| » » all'apogeo | 64 | 36 |
| Luna piena al perigeo | 81 | 19 |
| » » all' apogeo | 68 | 32 |

Se si ammettono questi risultati, ne conseguirà, contro l'opinione popolare e le osservazioni di Toaldo, che fra le fasi la meno attiva è quella della luna nuova; che quelle della luna piena e dei quarti influiscono egualmente; che l'influenza del *perigeo*, o della più vicina posizione della luna, è maggiore di quella d'ogni altra fase, mentre l'influenza dell'*apogeo*, o della sua massima distanza, è eguale a quella delle quadrature e della luna piena, ed è maggiore di quella della luna nuova.

Ma i calcoli di Pilgrim soggiacciono ad objezioni simili a quelle portate contro i calcoli di Toaldo. Come lui, Pilgrim comprese nel numero dei cambiamenti corrispondenti alle fasi quelli che si verificarono anche il giorno precedente od il susseguente alla fase; e, stando questo fatto, non possiamo altro che meravigliarci che la proporzione da lui trovata, specialmente per la luna nuova, non sia più favorevole alla sua ipotesi. Ma anche indipendentemente da ciò, i risultati di Pilgrim non ispirano alcuna confidenza: essi offrono ma-

nifesti segni di pura accuratezza nell'ottenerli, e per di più le osservazioni non furono continuate per un periodo di tempo sufficiente per dedurne conclusioni certe.

Negli anni 1774 e 1775 il Dott. Horsley si occupò di questa questione e pubblicò due memorie nelle *Philosophical Transactions* per distruggere l'opinione popolare sull'influenza della luna. Ma le osservazioni di Horsley si limitavano a così breve periodo di tempo (due anni), da non potersene aspettare risultati soddisfacenti. Trovò che nel 1774 soli due cambiamenti di tempo corrisposero alla luna nuova, nessuno alla luna piena, e che nel 1775 solo quattro mutamenti si verificarono a luna nuova e tre a luna piena.

Ma osserviamo la quistione delle influenze lunari da un punto di vista più generale e indaghiamo se l'osservazione abbia offerto qualche fondamento all'ipotesi della correlazione di periodicità tra la luna ed il tempo. Il sig. Schübler esaminò accuratamente la questione nel 1830 e pubblicò i risultati delle sue osservazioni che furono poco dopo riveduti da Arago.

I calcoli di Schübler sono fondati sulle osservazioni meteorologiche fatte a Monaco, Stoccarda e Augsburgo per 28 anni. Suo scopo era di verificare se esistesse qualche relazione tra le fasi della luna e la quantità di pioggia che cadeva nelle diverse parti del mese. Egli riguardò come giorni piovosi quelli in cui cadesse tal quantità di pioggia o di neve che l'udometro ne fosse affetto almeno d'una seicentesima parte di pollice.

Dalle sue osservazioni, in quanto sono attendibili consegue che, nei luoghi in cui vennero fatte, sopra 10,000 giorni piovosi i numeri seguenti esprimono quelli che accadero nelle differenti fasi lunari:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Novilunio | 306 | Plenilunio | 337 |
| Primo ottante | 306 | Terzo ottante | 313 |
| Primo quarto | 325 | Ultimo quarto | 284 |
| Secondo ottante | 341 | Quarto ottante | 290 |

Ora, il mese lunare essendo di 29 giorni e mezzo, se riteniamo equabilmente distribuita la quantità di pioggia caduta tra le diverse parti del mese, potremo con una semplice proporzione trovare quanti sui 10,000 giorni piovosi corrispondano agli 8 giorni delle fasi: perchè questo numero starà a 10,000 come 8 sta a 29 1/2 e darà il risultato di 27, 12. Mentre dalla tabella superiore appare che questo numero è 25, 02, e per conseguenza alquanto minore di quello dato dalla proporzione.

Pilgrim aveva fin dal 1788 cercato di determinare l'influenza delle fasi sulla pioggia e aveva trovato sopra 100 casi, 29 giorni di pioggia nei plenilunii, 26 nei novilunii e 25 nelle quadrature.

Le osservazioni precedenti riguardano solamente il numero dei giorni piovosi. Schübler però diresse le sue ricerche anche sull'influenza delle fasi lunari sulla quantità di pioggia e sulla serenità dell'atmosfera. Dalle osservazioni continuate ad Augsburgo per 16 anni, e comprendenti 199 lunazioni, ottenne i seguenti risultati:

| EPOCHE | Numero dei giorni sereni in 16 anni | Numero dei giorni nuv. in 16 anni | Quantità di pioggia espressa in pollici, durante i 16 anni |
|---|---|---|---|
| Novilunio . . . . | 31 | 61 | 26, 551 |
| Primo quarto . . | 38 | 57 | 24, 597 |
| Secondo ottante . . | 25 | 65 | 26, 728 |
| Plenilunio . . . . | 26 | 61 | 24, 686 |
| Ultimo quarto . . | 41 | 53 | 19, 536 |

Per giorni *sereni* egli intese quelli in cui il cielo non era coperto di nubi alle sette del mattino e alle due e alle nove dopo mezzodì; i giorni che in queste ore erano coperti furono contati tra i nuvolosi. Questi risultati s'accordano coi precedenti. Si vede che il numero dei giorni sereni è maggiore nell'ultimo quarto, epoca nella quale, secondo le investigazioni anteriori, era minore il numero dei giorni piovosi: quest'ultimo poi è maggiore nel secondo ottante, epoca in cui anche prima corrispondeva il maggior numero dei piovosi: anche la quantità di pioggia è in accordo, perchè il suo massimo coincide col secondo ottante, il minimo coll'ultimo quarto. Schübler estese il suo esame anche all'influenza della distanza della luna sulla pioggia e trovò che sopra 371 passaggi della luna per i suoi estremi limiti di distanza pioveva 1,169 volte sopra i sette giorni in cui la si trovava più prossima al perigeo e 1,096 volte sui sette in cui era più vicina all'apogeo. Così, a parità di circostanze, la probabilità della pioggia sarà maggiore quanto più la luna è vicina alla terra.

Dal fin qui esposto emerge che non si può negare completamente una certa corrispondenza tra la pioggia e le fasi lunari. Quanto sia esatta questa corrispondenza ce lo insegneranno più estese e più accurate osservazioni: possiamo però fin d'ora asserire che non è

tale da costituire un pronostico nel significato che l' opinione popolare attribuisce a questo vocabolo. Che nei quattro giorni precedenti quello del plenilunio cada una quantità di pioggia di pochissimo superiore all'ordinaria, e nei quattro giorni innanzi a quello del novilunio una quantità di pioggia corrispondentemente minore, questo pare, fino ad un certo punto, probabile. Ma anche ritenendola reale e generale, questa variazione della quantità della pioggia si riduce a così poca cosa da sfuggire ai mezzi d'osservazioni che sono alla portata di ciascuno, e quindi da non potersene servire in pratica, come di un pronostico.

Schübler esaminò pure la quistione se vi sia una correlazione tra le fasi lunari e la direzione del vento e conchiuse che i venti di sud e di sud-ovest sono più frequenti in quei periodi del mese, in cui cresce la quantità di pioggia, che si fanno più rari negli altri, mentre in questi soffiano di preferenza i venti in direzione contraria. Questi risultati sono in perfetto accordo coi precedenti e riducono la quistione del modo di azione per cui sono prodotti i periodi di pioggia, a quella di assegnare l' azione fisica, per cui la luna influisce sulle correnti atmosferiche.

La connessione delle indicazioni barometriche coi fenomeni atmosferici è così ovvia che la ricerca di una corrispondenza su le fasi lunari e le variazioni del barometro non poteva sfuggire all' attenzione dei meteorologisti. Il signor Flaugergues istituì appunto una serie di osservazioni a Vivier, (dipartimento dell'Ardèche) in Francia, che continuarono dal 1808 al 1828, cioè per un periodo di venti anni, sulla relazione delle altezze barometriche colle fasi della luna; affinchè l'influenza del sole fosse sempre la medesima, le osservazioni vennero fatte a mezzodì e le altezze del barometro vennero ridotte a quelle che sarebbero state alla temperatura del ghiaccio che si fonde. Le medie altezze barometriche, dedotte da quelle osservazioni, sono le seguenti:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Novilunio . . . . | 29,743 | Plenilunio . . . . | 29,736 |
| Primo ottante . . . | 29,761 | Terzo ottante . . . | 29,751 |
| Primo quarto . . . | 29,740 | Ultimo quarto . . | 29,742 |
| Secondo ottante . . | 29,716 | Quarto ottante . . | 29,744 |

Di qui risulta che l' altezza barometrica è minima circa quattro giorni innanzi al plenilunio, è massima sei o sette giorni dopo il novilunio. Ora queste sono appunto le epoche a cui, secondo le ricerche di Schübler, corrispondono la massima e la minima quantità di pioggia; e, poichè l' abbassarsi del barometro indica in generale

una tendenza alla pioggia, i risultati dell'uno e dell'altro sono in accordo. Per verità la variazione barometrica è così minima da potersene a stento aspettare un effetto sensibile: quantunque però debolissima è perfettamente distinta e marcata.

Il signor Flaugergues osservò pure la media altezza barometrica quando la luna era alla massima e alla minima distanza della terra e la trovò al perigeo di 29,713 e per l'apogeo di 29,753. Se pure si può ammettere che una così piccola differenza significhi qualche cosa, ella indicherà una prevalenza di pioggia al perigeo in confronto che all' apogeo, ciò che s' accorda colle osservazioni di Schübler.

Abbiamo dimostrato che la teoria dell' attrazione lunare ammessa per spiegare la formazione di maree atmosferiche analoghe a quelle dell'oceano, condurrebbe alla conclusione che l'altezza del barometro, osservata a mezzodì, dovrebbe essere minore quando la luna è nelle quadrature che non quando sia nelle sizigie. Però le osservazioni stabiliscono precisamente il contrario come fatto costante. Le osservazioni di Flaugergues danno per media altezza barometrica, nelle quadrature 29,756 e nei novilunii e nei plenilunii 29,739, quindi la seconda altezza supera l'altra di 0,017. Questo risultato venne in seguito confermato dalle più recenti osservazioni del sig. Bouvard all'Osservatorio di Parigi; questi trovò per media altezza barometrica nelle quadrature 29,786 e a luna nova e piena 29,759 eccedendo così la prima di 0,027 l'altra.

## IV.

Sebbene dunque non possa negarsi una certa correlazione tra la colonna barometrica e le fasi lunari non è però la relazione che sarebbe indicata dalla teoria delle maree atmosferiche; qualunque sia quindi l'influenza fisica che produce questo effetto non è certamente la gravitazione della luna per cui ella opererebbe sulla nostra atmosfera come sull'acque dell'Oceano. Qualunque effetto fisico che dipenda dalle posizioni relative che hanno il sole e la luna veduti dalla terra, devono di necessità ripetersi nel medesimo ordine durante l'anno, cioè negli stessi giorni dell'anno quando i due astri ritornano alle posizioni corrispondenti nel cielo.

Fino da tempi antichissimi è noto che dopo un periodo di diciannove anni, il sole e la luna riprendono le loro posizioni relative nei successivi giorni dell'anno. Così, se per es. in un dato giorno di un dato mese del 1800 la luna fosse stata a 90.° dal sole, sarebbe pure stata a 90.° dal sole nello stesso giorno, dello stesso mese del 1819,

del 1838 e così di seguito; ma in quel giorno e nello stesso mese di qualunque altro anno intermedio, le posizioni relative della luna e del sole sarebbero state differenti. Questo ciclo di 19 anni era conosciuto dai Greci, che lo chiamavano *Ciclo di Metone* da Metone suo supposto inventore: e fu sempre adoperato come metodo conveniente per calcolare gli ecclissi e gli altri fenomeni dipendenti dalle reciproche posizioni della luna e del sole. Nell' eclisse di sole, la luna ed il sole devono occupare nel firmamento press'a poco la stessa posizione, in quello di luna posizioni quasi opposte: è quindi evidente che se un'ecclisse avveniva in un dato giorno di un'anno, un ecclisse dello stesso genere doveva verificarsi nel giorno corrispondente di ogni diciannovesimo anno successivo. Le maree, dipendendo esse pure dalle mutue situazioni della luna e del sole, si ponno facilmente calcolare col medesimo ciclo. I meteorologisti che affermano che le vicende atmosferiche dipendono unicamente o almeno principalmente dagli aspetti relativi della luna e del sole favoriscono la dottrina dell'esistenza di un ciclo di tempo il cui periodo corrisponde a quello di cui abbiamo discorso. Così essi ritengono che i cambiamenti generali del tempo, si succedono nello stesso ordine o quasi nello stesso ordine, ad ogni 19 anni.

Non obbietteremo a tale dottrina, basandoci sulla teoria, che il vero periodo del ciclo metoniano non è esattamente di 19 anni. Vi sono objezioni più forti dedotte dagli stessi principii a cui si appoggiano i di lei sostenitori. L'attrazione dei corpi causata dalla loro gravitazione cresce nello stesso rapporto secondo cui diminuisce il quadrato della loro distanza; e siccome la distanza dalla luna alla terra è variabile, come abbiamo già detto, e in una misura abbastanza avvertita, è evidente che la di lei influenza sull'atmosfera avrebbe a dipendere assai più dalla sua distanza dalla terra che dalla sua posizione, in rapporto al sole. Ora, quantunque il ciclo di 19 anni corrisponda alle variazioni della posizione della luna relativamente a quella del sole, quali si vedono dalla terra, pure non ha corrispondenza d'alcuna sorta colle variazioni della sua distanza; e quantunque ad ogni giorno di ciascun successivo periodo di 19 anni vedremo la luna nelle stesse posizioni apparenti relativamente al sole non avrà però dessa la medesima distanza dalla terra e perciò non eserciterà la stessa attrazione sulla nostra atmosfera. Il sig. Arago (a cui andiamo debitori del più completo esame della quistione e d'avere raccolto su tale rapporto i risultati delle altrui fatiche) ha pienamente dimostrato che l'osservazione non presta alcun fondamento od alcuna conferma a questa ipotesi.

Le variazioni della distanza della luna alla terra, già più volte ricordate, sono causate dall'essere la di lei orbita intorno la terra non circolare ma ovale, e dal trovarsi la terra più vicina ad un estremo di questa che all'altro. Quando dunque la luna va approssimandosi alla più lontana estremità della sua orbita ovale, la di lei distanza dalla terra va crescendo continuamente, finchè in quel punto raggiunge il suo massimo valore: e a misura che da questa estremità la luna s'avanza verso l'altra la di lei distanza diminuisce continuamente finchè nel toccarla si riduce al minimo grado. Queste variazioni nella distanza si producono ad ogni rivoluzione della luna intorno alla terra. Ora, in causa di un certo cambiamento di posizione a cui soggiace l'orbita della luna, i punti che segnano la di lei massima e minima distanza sono soggetti ad un cambiamento lento, graduato e regolare; cosicchè i punti del cielo in cui essa raggiunge la massima e la minima distanza dalla terra differiscono ad ogni rivoluzione. Dopo un intervallo di otto anni e dieci mesi però, questi punti avendo percorso un'intera circonferenza nel cielo riassumono assai prossimamente le pristine posizioni: di guisa che le epoche in cui realmente vediamo la luna e alla stessa distanza dalla terra e negli stessi punti del cielo, si rimovano secondo un ciclo la cui lunghezza è di circa 8 anni e 10 mesi.

Se dunque si suppone che le vicende atmosferiche sieno influenzate da questa causa, il loro periodo dovrà essere tale che dopo nove anni, i corrispondenti stati del tempo si trovino in avanti di due mesi, cioè per es. gli effetti prodotti nel dicembre 1800, si riproducano nell'ottobre 1809, nell'agosto 1818 ecc.

Se si volesse determinare il ciclo secondo cui l'influenza della luna, in quanto dipende dalla sua distanza, produrrebbe i medesimi effetti negli stessi giorni dell'anno, la durata del ciclo si troverebbe di sei volte 8 anni e 10 mesi, perchè sei successivi di tali periodi comprendono 53 anni esattamente e un numero minore di periodi di 8 anni e 10 mesi non corrisponde ad un numero intiero di anni. Per conseguenza, dopo un ciclo di 53 anni, la luna essendo nello stesso giorno di ogni anno consecutivo alla stessa distanza dalla terra, la di lei influenza, in quanto dipende da questa distanza, sarà la medesima e produrrà sul tempo i medesimi effetti.

## V.

Nulla ci può meglio far riconoscere la negligenza con cui alcuni meteorologisti applicano i principj scientifici, quanto l'aver fatto

di questo ciclo di 8 anni e 10 mesi la base di un preteso periodo meteorologico di 9 anni. Si sostenne che ad ogni nove anni i cambiamenti di tempo hanno una generale corrispondenza, per cui esaminando lo stato dell'atmosfera durante il 1800 la si troverebbe corrispondere a quello durante gli anni 1809, 1818, ecc.

## VI.

Dal fin qui detto, risulta dunque che l'opinione popolare relativa all'influenza delle fasi lunari sul tempo non ha alcun fondamento teorico e non è in accordo coi fatti osservati. Non si può dubitare che la luna eserciti un'attrazione sulla nostra atmosfera, per la sua gravitazione, ma gli effetti che quest'attrazione varrebbe a produrre sul tempo, non s'accordano coi fenomeni osservati. Questi effetti sono troppo deboli per essere apprezzabili col mezzo dei nostri attuali strumenti meteorologici, o sono neutralizzati da altre cause più potenti da cui finora non si poterono separare. Tuttavia da osservazioni recenti, ma ancora incomplete, sembra che esista una lieve corrispondenza fra i periodi di pioggia e le fasi lunari, corrispondenza che indicherebbe un'influenza debolissima della posizione di quest' astro rapporto al sole, ma non dalla sua attrazione. Per i dotti, tale quistione d'influenza è interessante: è degna dell' attenzione de' meteorologisti, ma non può servire alla pronosticazione del tempo. Si può quindi stabilire che ogni pronostico del tempo, fondato sull' influenza del sole e della luna, è falso. Fin qui almeno, tutto conduce ad una simile conclusione.

Dott. R. Ferrini.

# NOTE DEL TRADUTTORE FRANCESE

« L'astronomo, dice Arago, è nell'assoluta impotenza di predire con qualche sicurezza lo stato del tempo, un anno, un mese, direi quasi un sol giorno prima ».

Tale linguaggio in bocca ad un uomo così competente come Arago, dovrebbe finalmente aprire gli occhi agli ultimi partigiani di Michel di Nostredame e suoi dipendenti. È la miglior orazione funebre degli almanacchi in cui si pretende di presagire tutti i cambiamenti di tempo che avverranno nell'anno.

Però, è assolutamente impossibile di prevedere la mattina qual tempo si avrà alla sera? Per conoscere il tempo, non si hanno altri dati che gli astronomici? Non vi sono dei segni indicatori del tempo, se non certi, almeno in *qualche grado probabili?*

Fino dalla più remota antichità si segnalò l'esistenza di questi indizii.

« L'uccello consultato, dice Aristofane, risponderà al navigatore: Non imbarcarti, il tempo ti sarà contrario; imbarcati, il tempo è sicuro ». (Gli Uccelli, trad. Artaud., t. IV p. 71). — « I mortali traggono da noi i più grandi servizii. Noi indichiamo loro le stagioni, la primavera, il verno, l'autunno; imparano a seminare quando la grù, traversando l'aria, emigra verso la Libia. Essa avverte il nocchiero di quando possa sospendere il timone e abbandonarsi al sonno; poi di tessere un mantello per Oreste per timore che il freddo non lo porti a spogliare i passeggieri ». ( Ibid. p. 80).

In verità, nel poeta greco sono gli uccelli che parlano così di sè stessi. Potrebbero parlare diversamente? Ma Esiodo che viveva 800 anni prima dell'era cristiana, cioè 400 anni prima di Aristofane, diceva già nei « *Lavori e Giorni:* » La giornata è talvolta una matrigna, tal altra una madre: felice, felice il mortale che istrutto di tutte queste verità, fatica continuamente, irreprensibile innanzi agli Dei, *osservando il volo degli uccelli,* e fuggendo le azioni empie ». (Piccoli poemi greci p. 81).

Clemente Marot non aveva maggior interesse di Esiodo a scrivere nella sua *Egloga al re sotto i nomi di Pan e Robbini:*

> Appresi i nomi delle quattro parti del mondo,
> Appresi i nomi dei *venti* che di là escono,
> Le loro qualità, e *quali tempi* apportino:
> Di cui *gli uccelli, sapienti indovini* dei campi,
> M' avvertivano col loro volo e col loro canto.
>
> (Ed. Desprétz. p. 97)

Infine nel vangelo di san Matteo si legge (cap. XVI v. 2 e 3):

« Venuta la sera, voi dite: Farà bel tempo, perchè il cielo rosseggia, e al mattino: Oggi farà temporale, perchè il cielo è rosso e cupo ».

A nostri giorni la lista dei segni ha preso formidabili proporzioni. Bisognerebbe per svolgerla, tutta la pazienza d'un Leporello. Ecco, nondimeno, alcuni di tali segni.

Qnando le rondini rasentano il suolo nel volo; quando il fumo s'innalza con difficoltà nel camino si spande nell'appartamento; quando le porte si gonfiano e gli odori disaggradevoli si spandono con maggior abbondanza del solito; quando i cavalli allungano il collo, nitriscono, aprono fuori di modo le narici, quando i corvi gracchiano, il gufo grida fuor di modo, il piccoverde geme, la rana gracida; quando l'oca, l'anitra s'agitano, sono inquiete, si chiamano; quando soffiano i venti di ovest e sud-ovest; quando le candele e le lampade scoppiettano; quando l'agnello bela e l'asino raglia in una maniera insolita; quando i fiori emettono odori più intensi e più penetranti; in fine quando l'uomo prova un senso di tristezza e di abbattimento deciso, inesplicabile, senza causa plausibile: questi, si può dire, sono altrettanti indizii di cattivo tempo.

Qual'è la ragione di simili fenomeni? È, in generale, la rarefazione dell'aria e l'abbondanza d'umidità nell'atmosfera.

All'opposto, se il volo della rondine è alto; se brillano le fiamme delle candele; se le porte si contraggono; se, al mattino, si distendono in cielo leggieri nuvole d'un bianco trasparente ecc: si può presagire il bel tempo.

Questi segni sono, generalmente, l'effetto d'una causa al tutto opposta dalla precedente: la mancanza o la scarsezza d'umidità nell'atmosfera; la condensazione, l'abbondanza dell'aria atmosferica.....

Ma esistono segni *più scientifici* di quelli di cui s'è discorso e sono dovuti al barometro e all'igrometro.

È più difficile di quello che si creda, il leggere rettamente le indicazioni di questi due strumenti. Se si vede discendere il barometro, si suol dire: *cattivo segno*, e quando sale, *buon segno!* Si può avere ragione e si può aver torto. Il baro-

metro, quando sale, può indicare bel tempo e può non indicarlo: lo stesso quando s'abbassi..... Se lo si osservasse con minor superficialità, non si tarderebbe ad accorgersi che infatti il barometro s'innalza e s'abbassa ogni giorno senza indicare nulla rapporto al tempo; egli subisce le così dette *variazioni diurne....*

Per consultare vantaggiosamente il barometro, si deve esaminare: 1° quale sia l'altezza del mercurio; 2° se s'alzi o se si abbassi; 3° di quanto s'innalzi o si abbassi, e 4° infine se sia persistente l'andamento ascendente o discendente del mercurio. — Quando il barometro sale lentamente e per diversi giorni di seguito indica stabile il bel tempo; quando discende continuamente e con pertinacia indica durevole il cattivo tempo.

Si deve consultare il barometro in certe ore; perchè non tutte sono egualmente atte all'osservazione. Quando si possa osservare tre volte al giorno il barometro, sarà bene farlo alle 9 del mattino, a mezzogiorno e alle 3 dopo mezzodì. Alle 9 se ne avrà l'altezza massima, alle 12 la media e alle 3 la minima. Se non si può osservarlo che due volte, queste dovranno essere alle 9 di mattina e alle 9 di sera. Se una sol volta sarà bene scegliere per questa il mezzogiorno. — Se dalle 9 del mattino alle 3 di sera il mercurio si alza, è segno di bel tempo; se si abbassa dalle 3 alle 9 di sera è segno di pioggia. Queste irregolarità nell'andamento del mercurio denotano un cambiamento importante nella pressione atmosferica.

Quando si vede discendere repentinamente e in grado notevole il mercurio del barometro, si può aspettare la pioggia. Questo subitaneo abbassamento indica che nell'atmosfera si è prodotto uno spostamento d'aria od un vuoto e che le masse d'aria circostante si precipiteranno per riempirlo. Quando il mercurio sale improvvisamente è segno che vi è accumulazione di aria; ne conseguirà una specie di espansione di aria in tutte le direzioni, la quale cagionerà una tempesta in un luogo o in un altro. Quando il mercurio sale o discende lentamente, è perchè risente l'influenza d'una causa lontana o permanente: si può dunque conchiudere che, qualunque ne sia il risultato, quest'opererà per un certo tempo. — Ogni volta che il barometro si mantenga alto, si ha di rado a temere di essere invasi dai venti; è dunque spesso una garanzia contro l'invasione dell'umidità e si può, non senza fondamento, pronosticare un tempo magnifico e secco...

Per essere meglio sicuri di non ingannarsi è bene consultare simultaneamente il barometro e l'igrometro. Se il barometro discende e in pari tempo si eleva il punto di rugiada dell'igrometro, è segno che l'aria è satura d'umidità e si devono aspettarsi forti pioggie. Se il barometro si alza e il punto di rugiada rimane basso, ciò significa che in qualche sito lontano l'aria s'è rarefatta e ne conseguirà vento senza pioggia. Se si abbassa il punto di rugiada e il barometro resta alto ciò vuol dire che l'abbassamento di temperatura che si è prodotto è un fenomeno affatto locale e passeggiero.

Tali sono i segni principali di cui può prevalersi l'arte di pronosticare. Quest' arte, come si vede, è assai poco avanzata. Nel suo stato attuale, non è possibile di predire lo stato del tempo parecchi giorni prima.

Però, l' arte in discorso, è entrata in una nuova fase. La telegrafia elettrica le presta i suoi servizii. Mediante quest'agente non si tarderà a conoscere giorno per giorno un gran numero di fenomeni meteorologici che si saranno manifestati sui più distanti punti del globo. Si conoscerà « l'andamento delle correnti d'aria, la quantità complessiva degli spostamenti delle masse atmosferiche, con tutte le circostanze di trasparenza o di nebbia, di caldo o di freddo, di secchezza o di umidità, e le risvolte delle correnti medesime ; si saprà a ciascun epoca quale sia la posizione di questo grande mare aereo senza rive che abbraccia il globo intero ; si saprà donde venga ciascuna parte e dove vada: quanto abbia preso dalla sua sorgente, di influenze meteorologiche e quanto ne porterà nelle regioni in cui penetrerà. Si potrà dunque prevedere fin da prima l'effetto che vi produrrà, e regolarsi in proposito per la cura della salute pubblica e privata, per l'allevamento del bestiame e per la seminazione o le piantagioni agricole d'inverno, d'estate o d'autunno, e per la coltura delle piante che esigono tale o tal'altro grado di calore È in tale maniera, che in quest' anno ( 1854 ) se si fosse potuto prevedere il caldo dell' estate ora scorso , si sarebbe potuto coltivare il maïs nei dintorni di Parigi ove di rado l' estate è abbastanza caldo per condurre queste piante a perfetta maturità. Ciò non accade che una volta in tre o quattro anni, nello stesso modo, press'a poco, che ad Amburgo, nei siti meglio esposti l'uva non matura che una volta ad ogni sette anni ». (Babinet., t. II p. 280).

Ma questa non è che una profezia. Quando si compirà ? Si è trovato lo strumento che la può condurre a termine. Ma non si ha motivo di temere, malgrado questa importante scoperta, che « le generazioni future, accumulando i lavori del pensiero e quelli dell'esperienza, non durino ancora molti secoli a risolvere la quistione ? » Fin qui, tutto ciò che permette di sperare l' intervento del fluido elettrico negli affari meteorologici, è la conoscenza dello stato del tempo non parecchi mesi, nemmeno parecchie settimane, ma qualche giorno innanzi. Domandare di più, oggi, sarebbe domandare troppo. (Ach. Genty, *l'Uomo e la Scienza*, cap. XXXIII, inedito).

---

# INDICE

---